



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh plnicí stanice kontejnerů pro přepravu  
nehomogenní sypké hmoty**

**Design of a Non-homogenous Bulk Material  
Containers Loading Station**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2018**

**Martin Havlíček**

**Studijní program:** N2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ  
**Studijní obor:** 2301T047 Dopravní letadlová a transportní technika  
**Vedoucí práce:** Ing. Jan Hoidekr

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Návrh plnicí stanice kontejnerů pro přepravu nehomogenní sypké hmoty“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hoidekra s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze 14. 06. 2018

Bc. Martin Havlíček

## Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Hoidekrovi za vstřícnost, trpělivost a za cenné rady a připomínky v průběhu zpracování této diplomové práce.

Rád bych dále poděkoval své rodině a blízkým, kteří mi byli podporou během celého studia.

## Anotační list

Jméno autora: Bc. Martin Havlíček

Název DP: Návrh plnicí stanice kontejnerů pro přepravu nehomogenní sypké hmoty

Anglický název: Design of a Non-homogenous Bulk Material Containers Loading Station

Rok: 2018

Studijní program: N2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ

Obor studia: 2301T047 Dopravní letadlová a transportní technika

Ústav: Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí DP: Ing. Jan Hoidekr

Bibliografické údaje:

počet stran	62
počet obrázků	40
počet tabulek	5
počet příloh	0

Klíčová slova: plnicí stanice, rám, odpad

Keywords: transfer station, frame, waste

**Anotace:** Cílem této diplomové práce je návrh plnicí stanice kontejnerů pro přepravu homogenní sypké hmoty. V úvodu práce je detailně popsána problematika svozu komunálního odpadu po světě. Práce dále řeší konstrukční návrh plnicí stanice, kde návrh konstrukčních prvků je rozdělen do tří dílčích uzlů a každý uzel je doplněn o 3-D model.

**Abstract:** The aim of this diploma thesis is the design of a non-homogenous bulk material containers loading station. The beginning of the work describes in detail the problem of collection of municipal waste around the world. Furthermore, the thesis solves the constructional design of the transfer station, where the design is divided into three sub-nodes and each node is complemented by a 3-D model.

## Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Komunální odpad v České republice</b>	<b>2</b>
<b>3 Svoz odpadu ve světě</b>	<b>6</b>
<b>4 Plnicí stanice</b>	<b>8</b>
4.1 Výhody plnicích stanic	10
4.2 Nevýhody plnicích stanic	10
4.3 Horizontální plnicí stanice	11
4.4 Vertikální plnicí stanice	12
4.5 Srovnání plnicích stanic	14
<b>5 Návrh plnicí stanice kontejnerů</b>	<b>15</b>
<b>6 Prostorová koncepce plnicí stanice včetně dopravních cest</b>	<b>16</b>
6.1 Návrh konstrukce plnicí stanice	18
6.2 Lisovací rám	19
6.3 Rám	20
6.4 Násypka	21
6.5 Lisovací zařízení	23
6.6 Návrh šroubů dorazu	25
<b>7 Otočný rám</b>	<b>26</b>
7.1 Kruhový rám	27
7.2 Kontejnerový prostor	28
7.3 Zajištění kontejneru proti pohybu	29
7.4 Koncepční návrh otevírání dveří kontejneru	31
<b>8 Kotvicí rám</b>	<b>32</b>
8.1 Rám	33
8.1.1 Výpočet sil působících na rám:	34
8.2 Vážicí systém	37
8.3 Vahadlový systém	40
8.3.1 Výpočet sil působících na vahadla:	41
8.3.2 Výpočet uložení bubnů:	44
8.3.3 Výpočet ložisek na vahadle:	45
8.4 Návrh pohonu	46
8.4.1 Návrh motoru	46
8.4.2 Výpočet per	51
8.4.1 Výpočet hnací hřídele	53
<b>9 Závěr</b>	<b>54</b>
<b>Seznam použité literatury</b>	<b>55</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>58</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>59</b>
<b>Seznam zkratk a symbolu</b>	<b>60</b>

# 1 ÚVOD

V současné době si ekologická situace vyžaduje věnovat velkou pozornost správnému zacházení s komunálním odpadem, a to především z důvodu zlepšování podmínek trvale udržitelného rozvoje i pro budoucí generace. Nesprávné (neekologické) zacházení s komunálním odpadem by mohlo být totiž pro budoucí generace fatální. Mezi dvě hlavní možnosti zpracování odpadu můžeme zařadit vyvážení odpadu na skládky a pálení odpadu v palírnách.

Pálení odpadu je v dnešní době nejpopulárnější řešení nakládání s komunálním odpadem, protože odpad nekončí na skládkách a následně vzniklé teplo z pálení se dá využít například k vytápění obytných domů. Jelikož spaloven odpadu v okolí měst není mnoho, je důležité navrhnout optimální řešení pro svoz odpadu ve městech, kde je velkým problémem hustá dopravní síť.

Cílem této práce je navrhnout vertikální plnicí stanici pro komunální odpad, která by mohla být použita pro města, která využívají spalovnu odpadu. Návrhu bude předcházet rešerše technologických možností, které by pro plnicí stanici byly nejvhodnější a zařídily by co nejúspornější provoz. Stěžejním cílem je návrh otočného stolu pro kontejnery. Tento stůl pomáhá nastavit kontejner do ideální polohy pro naplnění, lisování odpadu a naložení na přepravní prostředek.

## 2 KOMUNÁLNÍ ODPAD V ČESKÉ REPUBLICE

Mnoho z nás přemýšlí, co si lze pod názvem komunální odpad představit. Český statistický úřad pro tento název používá legislativu ve znění: „*Za komunální odpad se podle rozhodnutí Komise č. 753/2011/EU považuje odpad z domácností a podobný odpad, který je svým složením srovnatelný s odpadem z domácností, s výjimkou odpadu z výroby a odpadů ze zemědělství a lesnictví. Do komunálního odpadu se zahrnuje veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, který je zařazen do skupiny 20 katalogu odpadů, dále jsou zahrnuty i odpady vyprodukované subjekty zapojenými do obecního systému sběru odpadů, tj. např. školy, úřady či drobní živnostníci, včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu skupiny 1501 katalogu odpadů.*“ [7]

Díky tomuto znění lze mezi komunální odpad zařadit:

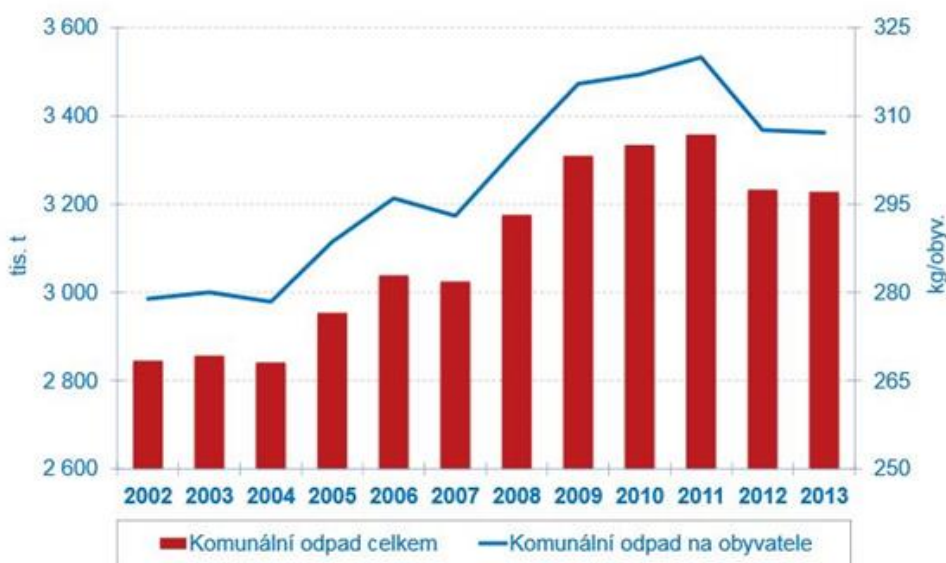
- Papír
- Sklo
- Plasty
- Objemný odpad
- Směsný odpad
- Nebezpečný odpad
- Kovy, stavební suť, elektrotechnický odpad
- Biologicky rozložitelný odpad
- Kartony



obr. 1.: Odpad [7]

Všechny tyto složky komunálního odpadu lze pomocí svozu odpadu vyhodit, ale přibližme si, co se s nimi děje po svezení. Je obecně známo, že papír, sklo a plasty patří do barevných kontejnerů a ty po svezení putují na místo určené pro recyklaci. Zbylé druhy odpadu tak ekologickou cestu už nemají, jelikož se neví, jak je využít jiným způsobem. Některá část z nich končí na skládkách a tím přetváří krajinu v okolí a druhá část končí ve spalovnách. Využití spaloven je v této době populárnější díky moderním technologiím na snižování emisí a z důvodu následného využití tepla pro vytápění obytných domů.

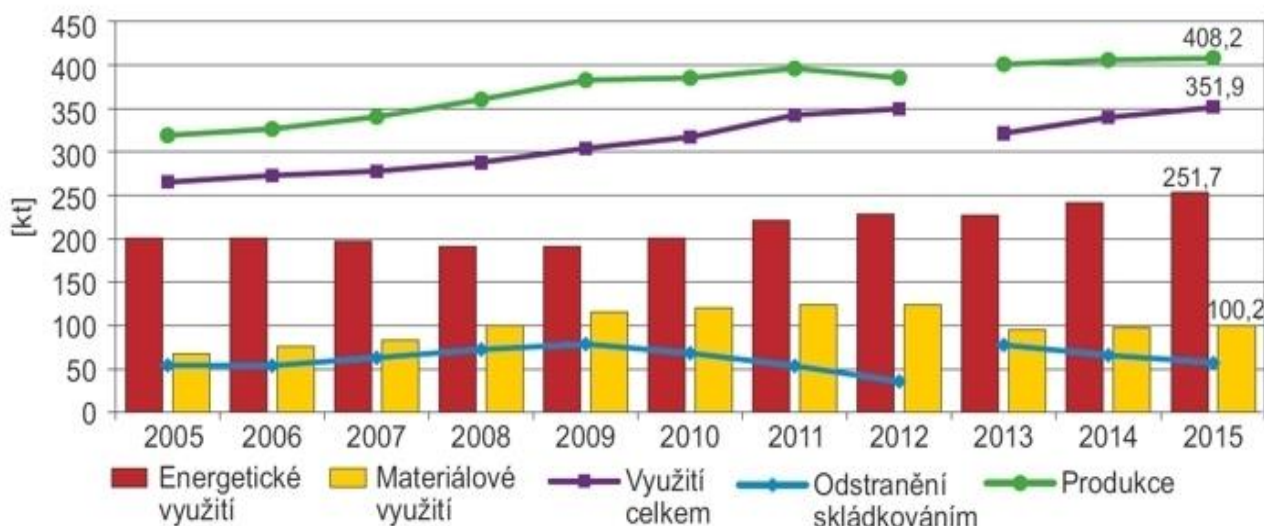
I přestože se otázkou svozu zabývá mnoho podniků, je stále těžší svoz odpadu provozovat. Na obrázku 2 je vidět vývoj produkce komunálního odpadu v období od roku 2002 do roku 2013. Jak je vidět, produkce komunálního odpadu rapidně roste. Přestože se v roce 2012 a 2013 se růst utlumil, v následujících letech se dá očekávat další nárůst.



obr. 2.: Vývoj produkce komunálních odpadů [8]

Jako nejlepší ukázka, jak svoz komunálního odpadu funguje v České republice, je hlavní město Praha. Praha v roce 1996 změnila princip rozdělování komunálního odpadu a rozdělila ho na stejné druhy, jak je používá legislativa nyní. Mezi nejdůležitější druhy lze zařadit plasty, papíry, sklo a směsný odpad.





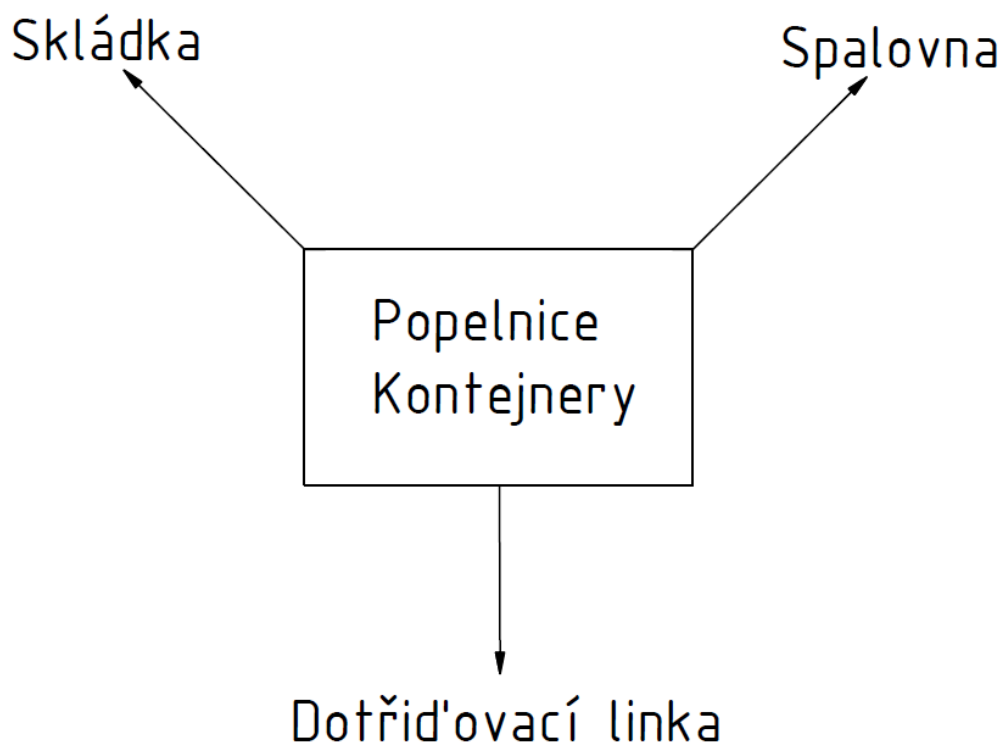
obr. 3.: Vývoj produkce a nakládání s komunálním odpadem v Praze [9]

Na obrázku 3 je vidět vývoj produkce odpadu v hlavním městě a je zde také znázorněno, jak je s tímto odpadem nakládáno. Z grafu je patrné, že produkce odpadu sice rostla, ale oproti tomu se také každým rokem vytrídí více odpadu jako recyklovatelný a mnohem více odpadu tak končí ve spalovnách a méně na skládkách.

Principiálně je svoz odpadu v Praze rozdělen do tří velkých skupin. Do první skupiny se řadí odpad určený k recyklaci (sklo, papír a plasty). Tato skupina se považuje za recyklovatelné části odpadu a po Praze jsou rozmístěné kontejnery (žlutý, modrý a zelený), které slouží k jeho svozu. Při svozu jsou plasty svezeny na dotřídňující linku v Malé Chuchli, papíry pokračují do areálu Pražských služeb a.s. a sklo se posílá do českých skláren [6].

Do druhé skupiny lze zařadit bioodpad, který v sobě zahrnuje třeba odpad ze zahrádek. V Praze se tento odpad sváží od roku 2004 a k jeho svozu slouží hnědá plastová nádoba. Tento bioodpad je následně odvážen do kompostárny u Velkých Přílep, kde se dále zpracovává.

Poslední a zároveň nejrozšířenější část odpadů, která je svážena po Praze je směsný odpad. Pro tento odpad jsou v Praze rozmístěny černé kontejnery. Obsah těchto kontejnerů je odvážen do spalovny v Malešicích a zbytek je umístěn na skládku v Ďáblicích.



obr. 4.: Svoz odpadu v Praze [autor]

Na obrázku 4 je naznačena logistika převozu odpadků od popelnic po finální destinace. S touto logistikou svozu je spojeno mnoho nákladů, protože každý sběrný vůz musí najet velkou vzdálenost do finální destinace, což zabere mnoho času a energie. Tyto zmíněné náklady se každým rokem zdražují, ať už vlivem pracovní síly, pohonných hmot nebo vlivem zdražujících se nákladů na údržbu strojů. Z tohoto důvodu Praha uvažuje o novém návrhu svozu odpadu.

### 3 SVOZ ODPADU VE SVĚTĚ

Jak již bylo zmíněno, komunální odpad se ve světě stává obrovským problémem, a proto je třeba se zamyslet a inspirovat, jak jiné státy zápasí s tímto neúprosným protivníkem. Pokud bychom měli hledat mezi městy, která by mohla být vybrána k porovnání, tak mezi nejlepší příklady by byl zařazen New York.

New York je jedna z největších aglomerací na světě, a tudíž produkuje i velké množství odpadků, se kterými je třeba nějak naložit. Toto město produkuje až 14 milionů tun odpadků každý rok. Praha v porovnání s New Yorkem produkuje pouhých 408 tisíc tun odpadků. Údajně je toto množství největší a žádná jiná aglomerace se tomuto číslu nemůže rovnat. Tento výsledek naznačuje, že existuje možnost nahlížet na tento problém dvěma pohledy. Na jednu stranu obrovské číslo, které by mohlo být redukováno lepším využitím produktů před vyhozením. Na druhou stranu je překvapivé, že lidi odpadky vyhazují více do koše a neodhazují je na ulici, jak se tomu stává v asijských státech, protože New York není považován za nejšpinavější město.

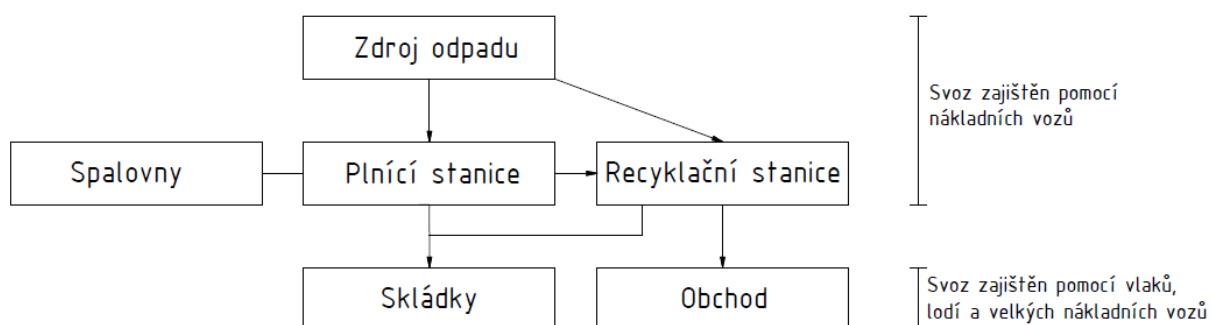
Do poloviny 19. století všechnen odpad končil v oceánu. To se městu přestalo líbit, a proto pomocí odpadků (popela, suti) začali tvářet krajinu okolo města. Nyní by se dalo říct, že některé čtvrti jsou doslova postaveny na odpadu. Jelikož se město i nadále rozrůstalo, bylo potřeba vymyslet nové a efektivnější nakládání s odpadky [11].

Toto inovativní řešení spočívá v logistice sběru odpadu. Odpad je rozdělen do několika skupin:

- Směsný odpad
- Papír
- Sklo/ plasty/ železo

Svoz odpadu je provozován na území města pomocí nákladních vozů, vlaků a lodí a tyto dopravní prostředky dováží odpad na skládku, nebo je odvezen do rozvojových států na recyklaci (papír, plast a železo). Dříve byl odpad vyvážen za město na skládku, avšak hlavním problémem svozu byl hustý provoz na území města a vzdálenost mezi místem sběru a finální destinací. Proto bylo navrženo nové řešení, které tyto dva problémy redukovalo. Pomocí postavení plnicích stanic se dojezd vozů zmenšil a zredukoval čas pro přepravu. Celé město je rozděleno do několika bloků a každý blok má určeno, do které plnicí stanice bude odpad vyvážen.

Tyto stanice slouží jako překladiště odpadu. Na toto místo je odpad svezen pomocí nákladních vozidel, které sbírají odpad z popelnic na ulicích. Dále se zde netříděný odpad roztrídí na již zmíněné frakce a poté je pomocí techniky naložen na vlaky nebo lodě a je odvezen na místo určení. V prvním případě je odvezen na skládky a zahrabán do země či odvezen do spaloven. V případě recyklovatelného odpadu je odvezen do recyklačních center. Ve schématu je znázorněna logistika svozu odpadu po New Yorku.



*obr. 5.: Svoz odpadu v New Yorku [autor]*

## 4 PLNÍCÍ STANICE

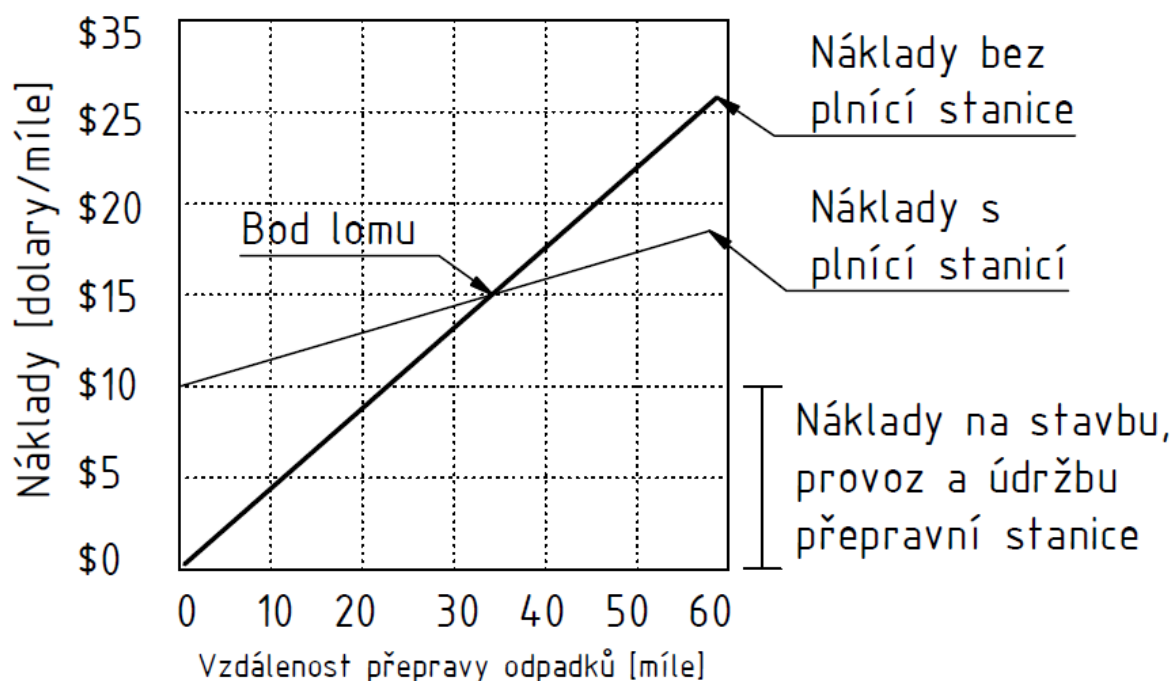
V posledních letech se náklady na svoz odpadu zvyšují, a to především díky zvyšujícím se nákladům na údržbu strojů a dražší pracovní síle. Tento jev donutil management zamyslet se nad efektivnějším a výkonnějším svozem komunálního odpadu. Princip, který se využívá již několik let a je populární u mnoha států, je známý jako plnící stanice.

Plnící stanice slouží jako mezizastávka hlavně pro komunální, ale také pro recyklovatelný odpad. Je možno si pod tím představit, že je to jakýsi spoj mezi sběrnou a finální destinací odpadu. Princip spočívá v tom, že na vhodném místě je postavena budova, která na první pohled připomíná skladní budovu. Tato budova je následně rozdělena na dvě podlaží a každé podlaží má své hlavní využití. Horní patro slouží k vyložení nákladních vozů, které svážejí odpad z ulic. V některých transportních stanicích je následně instalována linka sloužící k protřídění odpadu a k odstranění nebezpečného odpadu. Odpad je následně přesunut do násypky a padá do spodního patra. Ve spodním patře jsou připraveny prázdné kontejnery či obrovské nákladní vozy, které se zde plní. Pro co největší využití je v budově umístěný lis, který pěchuje kontejnery, aby převezly co nejvíce odpadu najednou. Odpad je stlačován do dvou druhů kontejnerů. Prvním typem je oválný kontejner, druhým je hranatý. Kontejnery jsou následně naloženy pomocí jeřábů na přepravní prostředek a jsou odvezeny na skládku, k recyklaci nebo do spalovny.

Tyto stanice mohou být rozděleny do dvou základních skupin, a to podle umístění a polohy lisů a kontejnerů [15]:

- Horizontální plnící stanice
- Vertikální plnící stanice

Při výstavbě této stanice je důležité brát v potaz mnoho faktorů. Prvním faktorem, který je nejdůležitější, je vzdálenost finální destinace (skládky nebo spalovny) od této stanice. Na grafu od americké agentury je vidět, že pokud vzdálenost mezi přepravní a finální destinací je malá, tak náklady jsou mnohem větší než u přímého převážení bez stanice. V případě, že se vzdálenost zvětší, tak náklady jsou menší při zvolení a vybudování transportní stanice.



obr. 6.: Porovnání nákladů na dopravu bez přepravní stanice a s přepravní stanicí [autor]

Další faktor, který je třeba zvážit, je výběr pozice, kde by byl umožněn přístup k železniční dopravě. Díky spojení železniční tratě se stanicí lze ušetřit ničení silnic, snížit provoz na komunikacích a díky železniční přepravě vyprodukovat méně emisí.

## 4.1 VÝHODY PLNÍCÍCH STANIC

Důvodů, proč jsou v dnešní době tyto stanice hojně využívány, je hned několik. Mezi hlavní výhody, které jsou spojeny se snížením dojezdové vzdálenosti lze zařadit [13,14]:

- Úsporu paliva
- Úsporu času
- Menší náklady na údržbu svozových vozidel

Mezi vedlejší, ale také důležité výhody lze zařadit:

- Snížení emisí
- Snížení provozu na silnicích
- Možnost odstranění nebezpečného odpadu z komunálního odpadu

## 4.2 NEVÝHODY PLNÍCÍCH STANIC

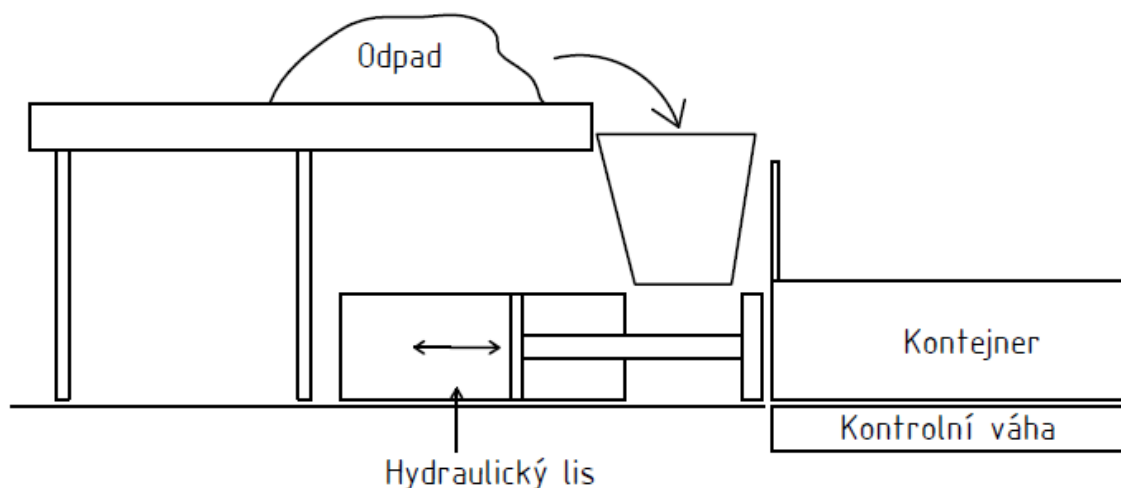
Ačkoliv je vidět, že využívání těchto stanic je poměrně výhodné, tak se budování těchto stanic potýká s odporem od některých obyvatel, kteří by měli žít v blízkém okolí. Lidé si stěžují na několik hlavních problémů. Tyto problémy jsou [13]:

- Zvýšení provozu u jejich bytů
- Zvýšení hluku díky nákladním vozům
- Vznik zápachu z organického materiálu
- Strach z ptáků, kteří by mohli létat v okolí stanice
- Obavy z odletujících odpadků a znečištění krajiny při přepravě odpadků

## 4.3 HORIZONTÁLNÍ PLNÍČÍ STANICE

První a zároveň méně používaný systém pro přepravu odpadu, je systém založený na principu horizontálního plnění. Tento princip je takto pojmenován díky umístění svého pracovního ústrojí, lépe řečeno díky poloze kontejneru a lisu stlačují odpadky. Mezi hlavní komponenty této stanice lze zařadit:

1. Horizontální lis
2. Násypka
3. Ocelová konstrukce
4. Kontejner (hranatý, oválný)
5. Monitorovací a vážící systém
6. Jeřáby
7. Přepravní prostředek



obr. 7.: Horizontální stanice [autor]

Podstata této stanice spočívá v lisování odpadu do kontejneru, který leží v horizontální poloze. Pro tuto stanici jsou nejčastěji voleny hranaté kontejnery. Aby tento kontejner mohl být naplněn, je pomocí násypky nasypano určité množství odpadu z nákladních aut do pracovního prostoru mezi lisem a kontejnerem. Následně je odpad horizontálním lisem zatlačen do kontejneru silou vyšší než 700 kN, tento úkon je vykonáván, dokud se kontejner zcela nenaplní, anebo pokud nepřekročí povolenou hmotnost. Hmotnost kontejneru je určena pomocí váhy umístěné pod kontejnerem. Celá tato operace je monitorována pomocí monitorovacího systému, který vyhodnocuje celou situaci. Po naplnění sila je kontejner uzavřen a pomocí automatické linky či jeřábu naložen na přepravní

Návrh plnící stanice kontejnerů pro přepravu nehomogenní sytké hmoty -11-



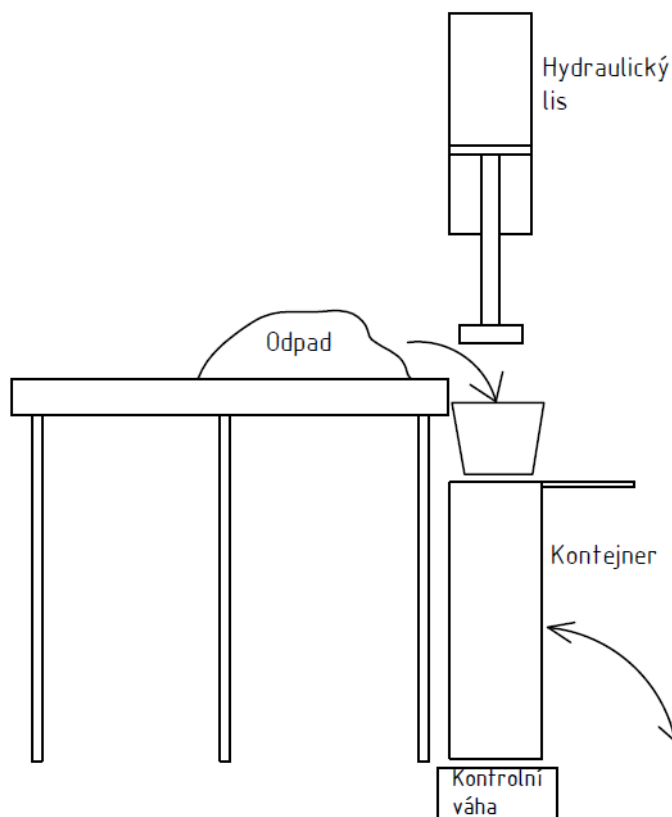
prostředek a je dopraven do finální destinace (skládka, spalovna). Pokud je tato stanice používána pro velký tok odpadů, je důležité mít lis pro každý kontejner [17].

## 4.4 VERTIKÁLNÍ PLNÍČÍ STANICE

Druhý a mnohem více používaný systém pro plnění odpadu, je systém vertikální plnící stanice, kde je využíván princip vertikální polohy pracovního lisu a kontejneru.

Mezi hlavní komponenty této stanice lze zařadit:

1. Vertikální lis
2. Násypka
3. Ocelová konstrukce
4. Kontejner (oválný, hranatý)
5. Monitorovací a vážící systém
6. Jeřáby
7. Přepravní prostředek



obr. 8.: Vertikální stanice [autor]

Princip stanice spočívá v lisování odpadu do kontejneru, který je postaven do vertikální polohy pomocí nákladních aut či jeřábů. Jelikož je celá stanice jinak rozvržena, tak pro lisování jsou převážně použity oválné kontejnery. Rozdíl a zároveň obrovská výhoda této stanice je při plnění kontejneru. Odpadky jsou přímo vysypány z násypky sběrných vozů do kontejneru a jelikož kontejner je postaven do vertikální polohy, tak odpadky samy plní kontejner bez pomoci lisu. Toto je výhodné při výpadku elektřiny, kdy je možné naplnit postavené kontejnery odpadky až po okraj pouze díky gravitační síle. Po naplnění kontejneru je spuštěn vertikální hydraulický lis, který lisuje silou menší než 300 kN a upěchuje odpad. Tento krok se opakuje, dokud kontejner není plný, anebo pokud není překročena maximální hmotnost kontejneru. Po naplnění je kontejner uzavřen a připraven k přepravě. Plnění kontejnerů je opět kontrolováno monitorovacím systémem a vážícím systémem. Kontejnery mohou být na nákladní vozy naloženy pomocí kabelového systému navržených u nákladních vozů, anebo mohou být použity jeřáby. Pokud je tato stanice využita pro velký tok odpadků, může být lis použit pro 4-5 kontejnerů.

## 4.5 ROVNÁNÍ PLNÍCÍCH STANIC

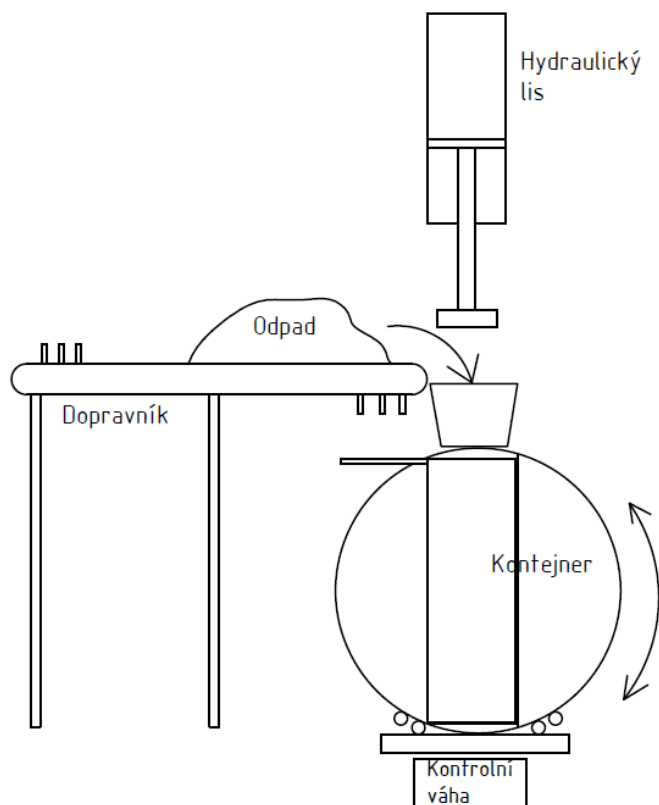
tab. 1.: Porovnání plnicích stanic

	<b>Vertikální systém</b>	<b>Horizontální systém</b>
Plnění	K plnění je využita gravitační síla, a tudíž může být použito i při výpadku energie	Odpad nejdříve padá do pracovního prostoru a pak je tlačén do kontejneru a nelze použít při výpadku energie
Potřebná síla lisování	Méně než 300 kN	Více než 700 kN
Náklady na výstavbu	Při větším toku odpadu je třeba méně lisů	Lisy jsou potřeba pro každý kontejner
Cena údržby	Použito méně vybavení	Použito více lisů
Problém se zápachem	Jelikož odpad padá rovnou do kontejneru a nemusí se tolik přesouvat, tak vzniká menší zápach.	Odpad padá nejdříve do pracovní části a až následně je přesouván do kontejneru. Zápach je větší.
Kontejner	Oválný kontejner je mnohem lehčí a díky svému tvaru odpad lépe plní kontejner.	Hranatý kontejner je těžší a hůře se plní.
Konstrukce	Lehká ocelová konstrukce, na kterou působí menší síly a je umístěno méně lisů.	Tato konstrukce musí být mohutnější díky působící síle a je použito více lisů.

Po porovnání těchto dvou stanic je možno říci, že vertikální plnicí stanice je mnohem jednodušší, má levnější náklady na výstavbu, jsou potřeba menší výkony ke slisování odpadu, lze použít při výpadku energie a jeden lis může obsluhovat až 6 kontejnerů na jedné lince. Všechny tyto body naznačují, proč právě vertikální plnicí stanice je využívána ve více případech [16].

## 5 NÁVRH PLNÍCÍ STANICE KONTEJNERŮ

Cílem této práce je navrhnout plnící stanici kontejnerů, která bude otáčet kontejnery okolo svého těžiště. Plnící stanice kontejnerů bude sloužit jako automatická linka, která dokáže naplnit kontejner odpadem. Během tohoto plnění je kontejner vložen do kolotoče, ve kterém je následně uchycen a otočen do vertikální polohy pro naplnění. Následně jsou otevřeny dveře kontejneru a kontejner je naplněn odpadem. Po naplnění je odpad stlačen lisovacím zařízením. Kontejner je poté uzavřen a otočen do horizontální polohy pro přepravu a z kolotoče je vyjmut.

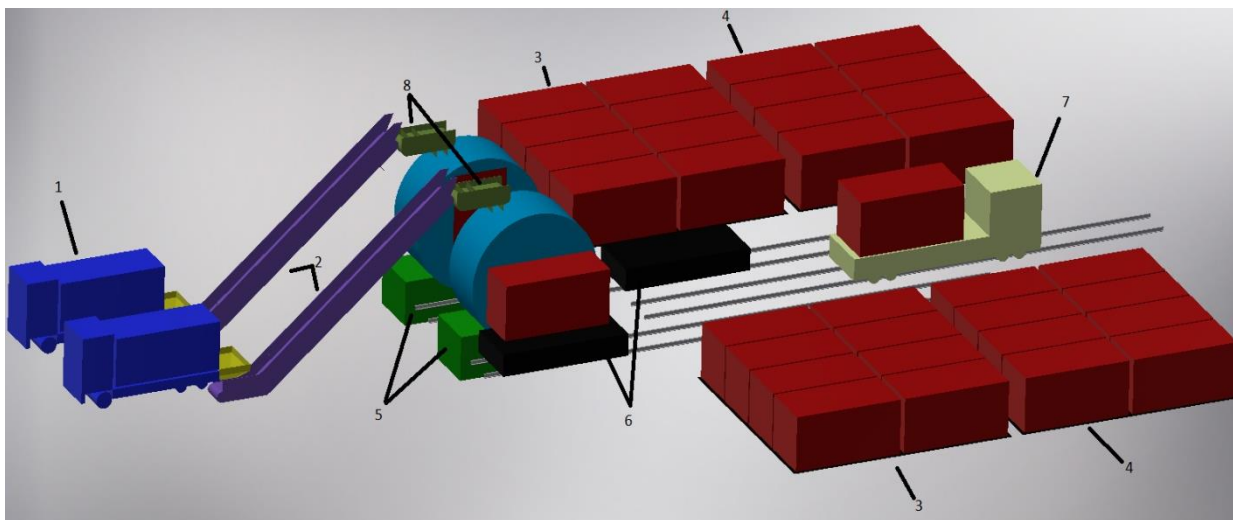


obr. 9.: Schéma návrhu plnící stanice [autor]

- Zadání:
- Otočení kontejneru o  $\pm 90^\circ$  pro plnění a vysypání kontejneru
  - Prostor pro kontejner o velikosti: 5x2x2 [m]
  - Vážicí systém
  - Lisování odpadu v kontejneru
  - Vysyp kontejneru
  - Usazení kontejneru ve výšce 1 200 mm nad úroveň kolejí
  - Váha plného kontejneru:  $m_k = 17\,000\text{ kg}$

## 6 PROSTOROVÁ KONCEPCE PLNÍČÍ STANICE VČETNĚ DOPRAVNÍCH CEST

Pro správné navržení plnící stanice bylo nejdříve potřeba navrhnout prostorové uspořádání celé linky. Pro naši plnící stanici byly navrženy dva různé způsoby uspořádání. Tyto způsoby jsou znázorněny na obrázku 10 a na obrázku 11.



obr. 10.: Návrh prostorového uspořádání verze 1 [autor]

Hlavní části první prostorové verze jsou: 1 – Svozové vozy

2 – Dopravníky odpadu s násypkou

3 – Skladiště prázdných kontejnerů

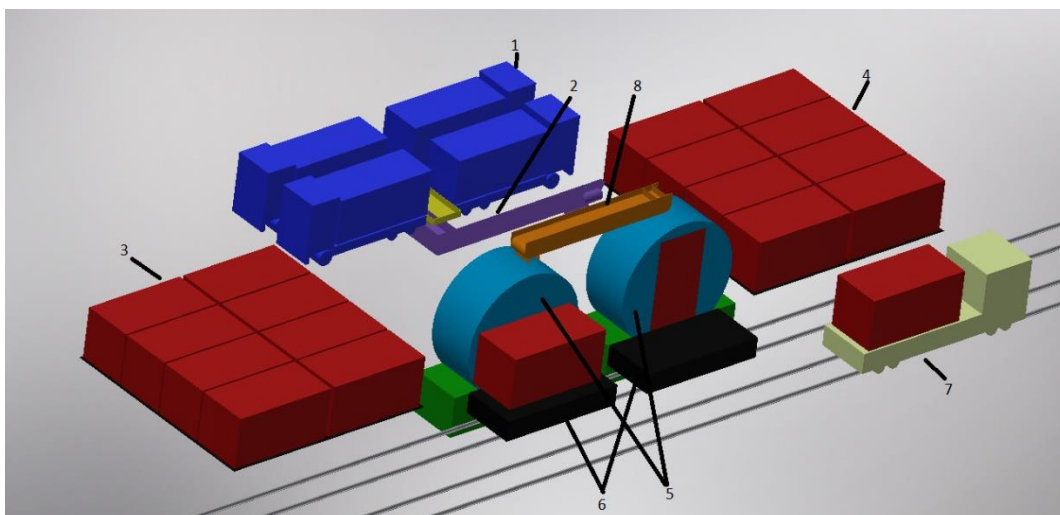
4 – Skladiště plných kontejnerů

5 – Plnící stanice

6 – Vozík pro manipulaci s kontejnery

7 – Tramvaj odvážející plný kontejner

8 - Dopravníky



obr. 11: Návrh prostorového uspořádání verze 2 [autor]

Hlavní části druhé prostorové verze jsou: 1 – Svozové vozy

2 – Dopravníky odpadu s násypkou

3 – Skladiště prázdných kontejnerů

4 – Skladiště plných kontejnerů

5 – Plnicí stanice

6 – Vozík pro manipulaci s kontejnery

7 – Tramvaj odvážející plný kontejner

8 - Dopravníky

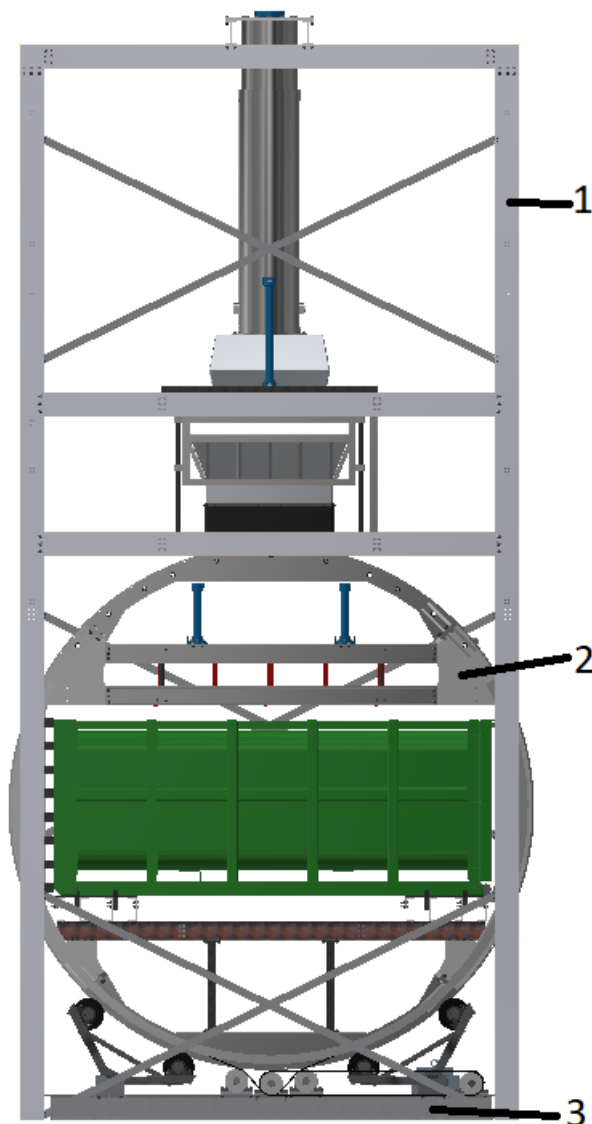
Z těchto dvou obrázků je patrné, že uspořádání těchto koncepcí se mnoho neliší, obě koncepce počítají s podélným přístupem dopravníků. Přestože koncepce jsou velice podobné, je vidět, že každá z nich má svoje výhody a nevýhody. Tyto výhody a nevýhody jsou popsány v následující tabulce.

tab. 2.: Výhody a nevýhody prostorových koncepcí

	Verze 1	Verze 2
Potřebný prostor	-	+
Možnost plnění více kontejnerů	+	-
Možnost vysypání více aut	-	+
Pohyb vozíku k manipulaci	+	-

## 6.1 NÁVRH KONSTRUKCE PLNÍČÍ STANICE

Plnící stanice kontejneru je obsáhlý systém mnoha komponent, které na sebe musí navazovat tak, aby stanice byla schopna fungovat automaticky a plnit všechny funkce od aretace přes otáčení až po plnění kontejneru v přesné posloupnosti.



obr. 12.: Pohled na plnící stanici [autor]

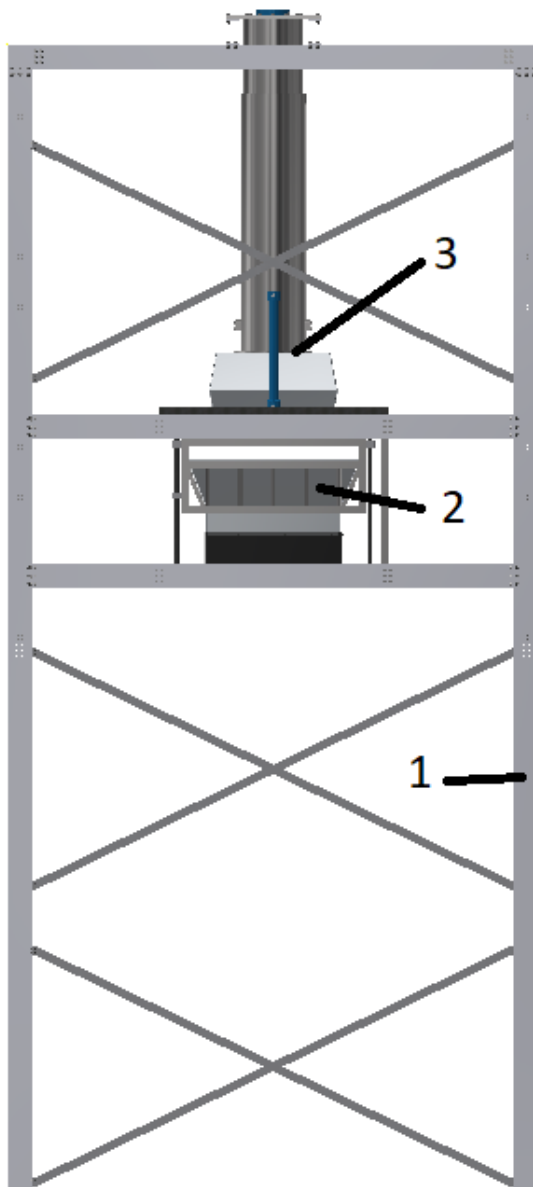
Systém lze rozřadit mezi tři hlavní sekce a tyto sekce lze dále rozdělit do dalších podsekcí. Hlavní části stanice jsou:

- 1) Lisovací rám
- 2) Otočný rám
- 3) Kotvící rám

## 6.2 LISOVACÍ RÁM

Tento rám je tvořený ze tří dílčích uzlů. Tyto uzly lze rozdělit na:

- Rám
- Násypku
- Lisovací zařízení



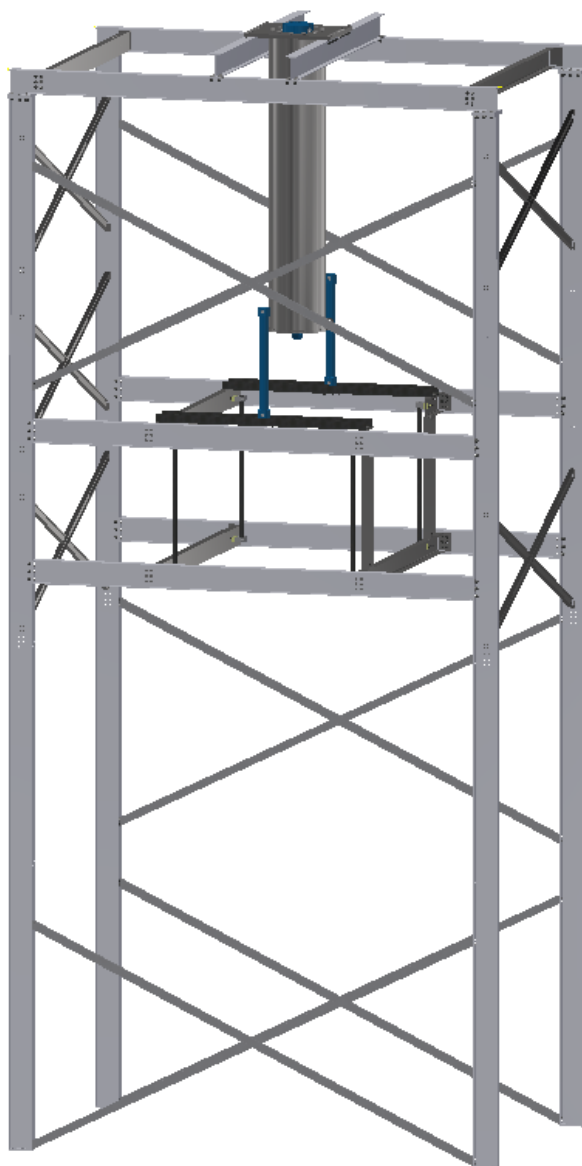
obr. 13.: Pohled na lisovací rám [autor]

Na obrázku jsou zřetelně vidět dílčí uzly této sestavy. Rám (1) slouží jako podpůrný systém pro násypku (2) a lisovací zařízení (3).



## 6.3 RÁM

Rám je tvořen z normalizovaných komponent jako jsou IPE profily a UE profily. Hlavní nosný rám je šroubovaný z profilu IPE 270 a UE 240 s navařenou přírubou. Jelikož rám dosahuje výšky až 12,6 m, tak bylo potřeba tyto profily vyztužit. Pro tuto funkci byly vytvořeny příhrady, které jsou tvořeny jako svařenec normalizovaných profilů IPE 100.

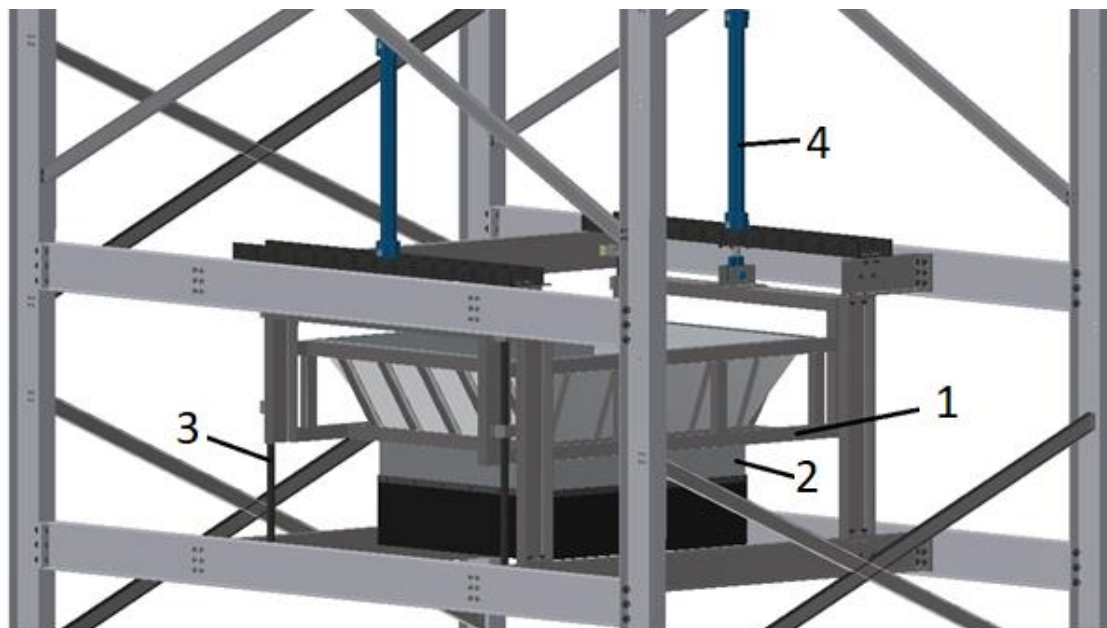


*obr. 14.: Pohled na rám [autor]*

V horní části rámu jsou přišroubovány dva normalizované nosníky IPE 270, na kterých je připevněn plech. Tyto komponenty jsou připraveny z důvodu připevnění lisovacího zařízení na rám. V prostřední části rámu je vytvořen prostor z UE profilů, do kterého bude umístěna násypka.

## 6.4 NÁSYPKA

Další komponenta lisovacího rámu je násypka. Ta byla přidána z důvodu usměrnění toku odpadu z dopravníku do kontejneru. Násypka musela být navržena tak, aby při plnění byl konec násypky pod úrovní kontejneru, ale také aby nevadila otáčení otočného rámu. Proto je násypka tvořena ze čtyř hlavních komponentů. Tyto komponenty jsou znázorněny v obr. 15. a patří mezi ně držák násypky (1), násypka (2), lineární vedení (3) a pohon (4).



*obr. 15.: Pohled na násypku [autor]*

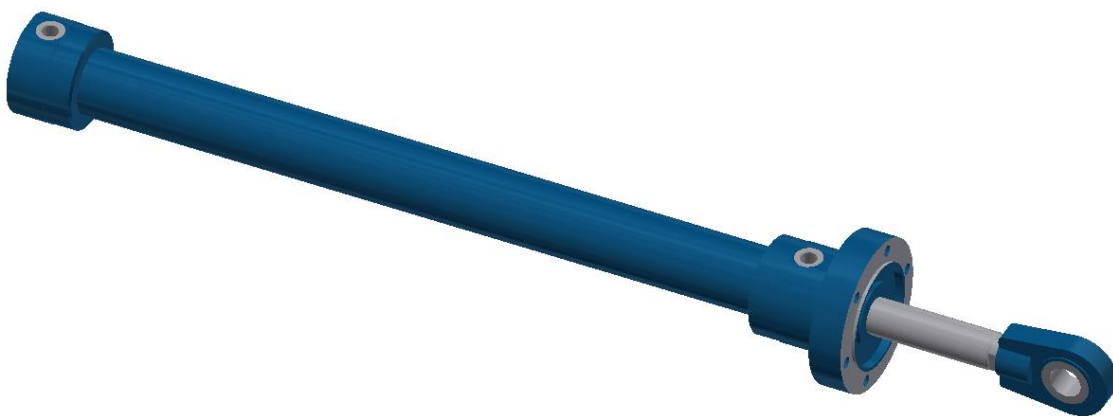
Držák násypky je svařenec z normalizovaných profilů, který slouží jako držák pro násypku, ale také je k němu připevněna komponenta lineárního vedení a pohon.

Do držáku je vložena plechová násypka o tloušťce plechu 8 mm. Tloušťka byla zvolena větší z důvodu možného porušení díky těžkým a ostrým předmětům mezi odpadem.

Držák násypky a samotná násypka je následně k hlavnímu rámu přichycena pomocí lineárních vedení prodáváných od firmy Matis s.r.o. [18]. Tyto lineární vedení se skládají ze tří komponent. První je držák vodící tyče typu WBA 50, který je v setu obsažen dvakrát, druhá je vodící tyč o průměru 50 mm a poslední je lineární set AGC 50. Toto vedení bylo použito z důvodu podmínky zasouvání násypky do kontejneru a zpět.

Jelikož hlavní podmínka pro násypku byla zasouvání a vysouvání z kontejneru, tak bylo potřeba připojit násypku k pohonu, který toto vysouvání dokáže zajistit. Na píst nepůsobí veliké síly, a proto pro pohon této součásti byl zvolen hydraulický píst od firmy Bosch Rexroth o parametrech [19]:

- maximální výsuv:  $l = 1000 \text{ mm}$
- průměr pístu:  $d = 56 \text{ mm}$
- průměr pístnice:  $D = 80 \text{ mm}$
- uchycení pístu: pomocí příruby
- zakončení pístu: oko o průměru  $d = 25 \text{ mm}$

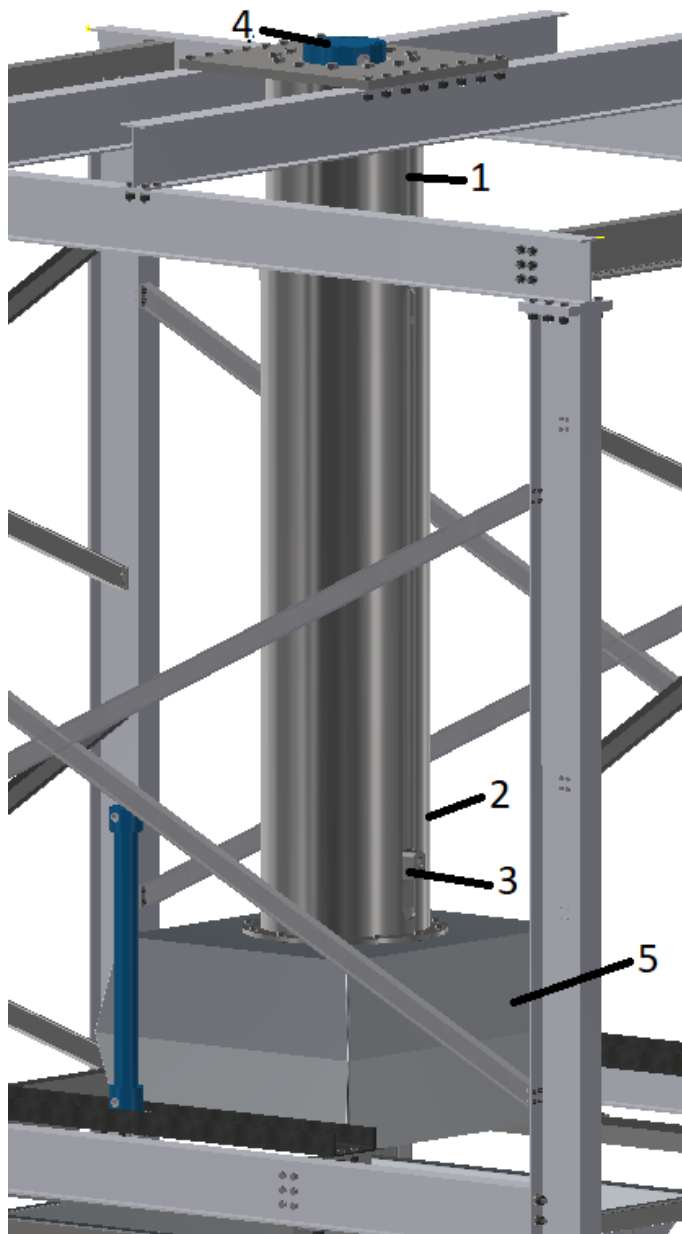


*obr. 16.: Hydraulický píst posuvu násypky [autor]*

Pomocí tohoto pohonu je násypka vysouvána z horní polohy do dolní o vzdálenosti 770 mm.

## 6.5 LISOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Poslední součástí lisovacího rámu je lisovací zařízení. Toto zařízení slouží k upěchování odpadu v kontejneru. Hlavní podmínka kladená na lisování je výsun a lisovací síla. Lis by měl lisovat lisovací silou 30 000 N a vysouvat by se měl tak, aby mezi násypkou a lisem byl dostatečný prostor při plnění. Hlavní komponenty je možné vidět na obr.17. a jsou to: vodící trubka pevná (1), vodící trubka pohyblivá (2), dorazy (3), pohon (4) a buchar (5).

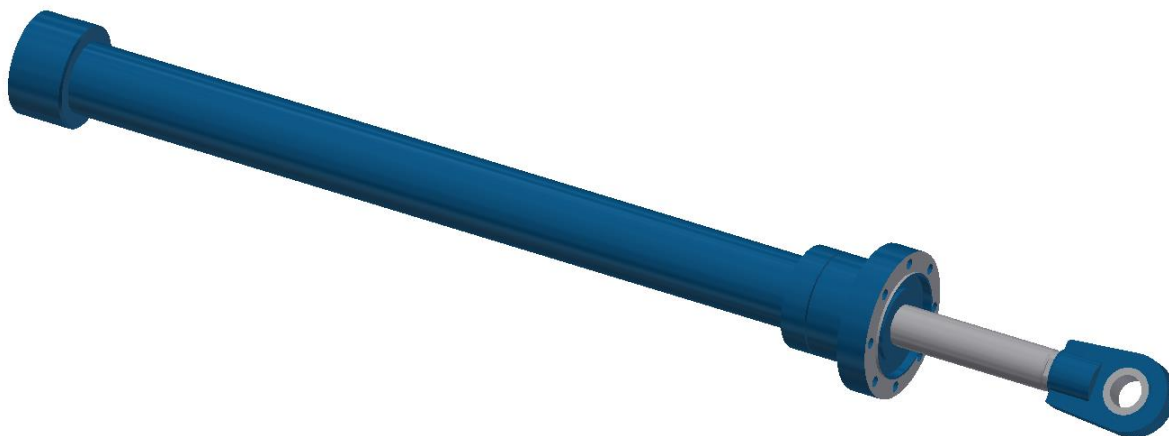


obr. 17.: Lisovací zařízení [autor]

Lisovací zařízení je připojeno k hlavnímu rámu pomocí vodící trubky pevné o průměru 650 mm a šroubům. Na tuto trubku je nasazena pohyblivá trubka o maximálním průměru 700 mm. V této trubce jsou dvě drážky připraveny pro vložení dorazu. Dorazy jsou nasazeny do drážek v pohyblivé trubce a přišroubovány k pevné trubce pomocí 4 šroubů M24x130 ČSN 02 1207. Tyto dorazy slouží proti vysunutí vodících trubek ze sebe a zároveň brání pootočení bucharu vůči násypce. Do pevné trubky byl přišroubován pohonný mechanismus a následně byl připojen k bucharu, který je složený jako svařenec plechů.

Jelikož hlavní podmínka pro lisování byla zasouvání a vysouvání z kontejneru, a lisovací síla  $F = 30\,000\text{ N}$ , tak bylo potřeba připojit lis k pohonu, který dokáže vydržet větší síly. Pro pohon této součásti byl zvolen hydraulický píst od firmy Bosch Rexroth o parametrech:

- maximální výsuv:  $l = 2500\text{ mm}$
- průměr pístu:  $d = 140\text{ mm}$
- průměr pístnice:  $D = 200\text{ mm}$
- uchycení pístu: pomocí příruby
- zakončení pístu: oko o průměru  $d = 110\text{ mm}$

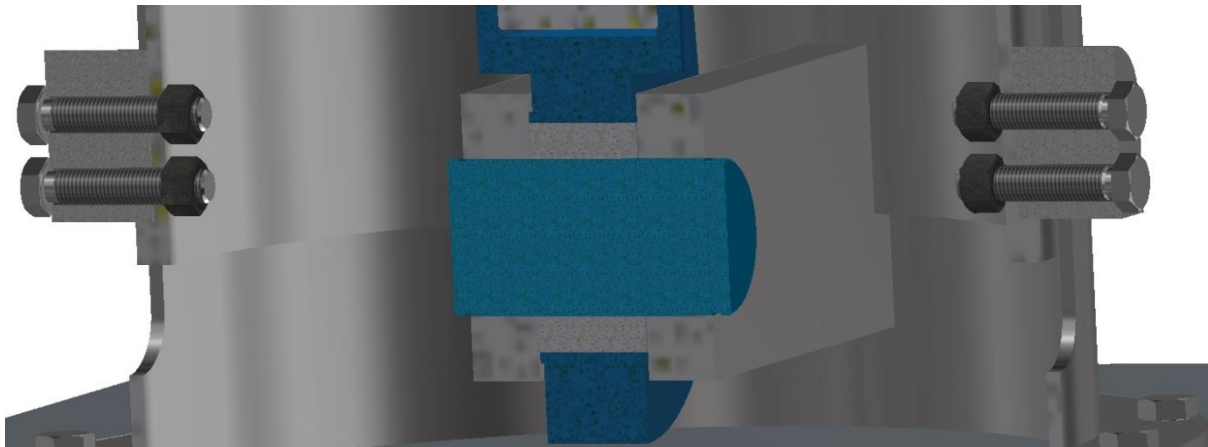


*obr. 18.: Hydraulický píst lisu [autor]*

Pomocí tohoto pohonu je lis vysouván z horní polohy do dolní o vzdálenosti 2 330 mm.

## 6.6 NÁVRH ŠROUBŮ DORAZU

Proti vyjetí vodících trubek ze sebe byly na vodící tyče přišroubovány dorazy pomocí 4 šroubů M24x130 ČSN 02 1207, jak lze vidět na obr. 19. Lisovací síla působící na šrouby je 30 000 N.



obr. 19.: Šrouby dorazu [autor]

Výpočet síly působící na šroub:

$F_1$  ..... lisovací síla,  $F_1 = 30\,000\text{ N}$

Střih:

$$\tau_D = 90\text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

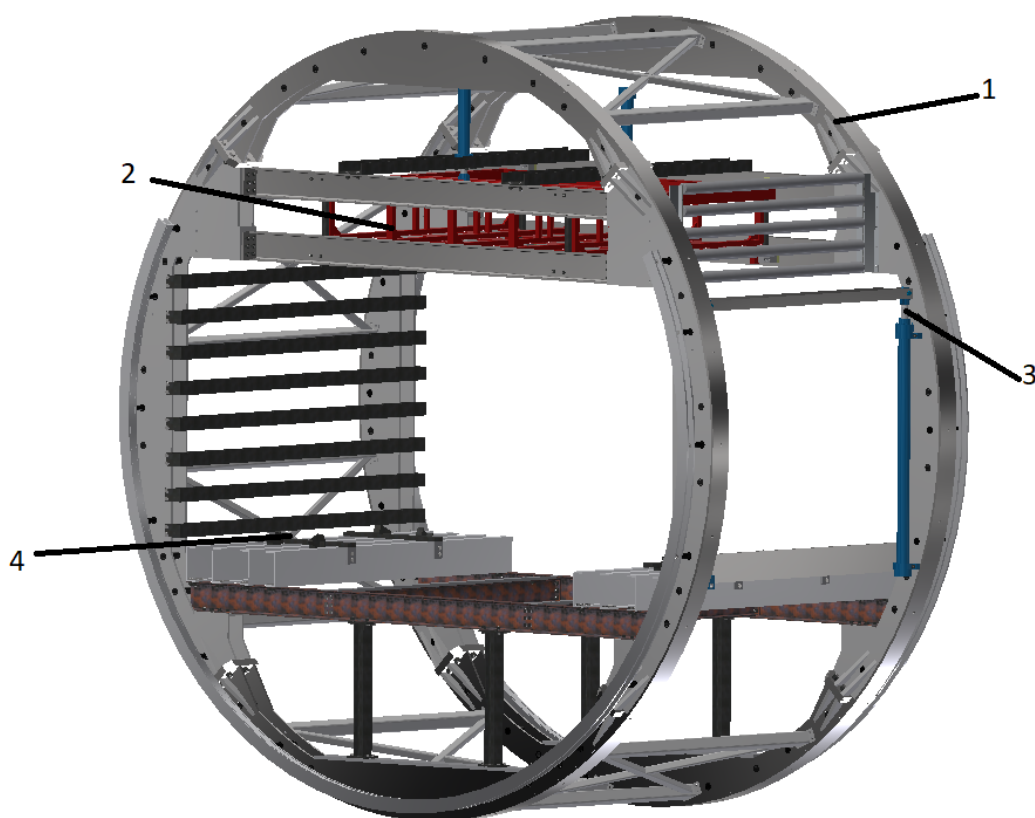
$$\tau_K = \frac{F_1}{S} = \frac{30\,000}{\frac{4 \cdot \pi \cdot 23,02^2}{4}} = 18\text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (1)$$

Šrouby vyhovují.

## 7 OTOČNÝ RÁM

Jak již lze vidět v názvu, tak tento rám je možno otáčet kolem své osy a díky své konstrukci lze kontejner otočit z horizontální polohy do vertikální. Hlavní výhodou tohoto otáčení je díky otáčení kolem osy, kdy není na otáčení potřeba takové množství energie. Díky tomuto rámu lze využívat gravitaci k plnění kontejneru a není potřeba využívat jinou energii k naplnění. Hlavní podmínky pro vytvoření tohoto rámu jsou:

- kontejnerový prostor o rozměru: 2x2x5 m
- možnost otáčení v úhlu od  $-90^\circ$  do  $90^\circ$
- zajištění kontejneru proti pohybu
- návrh na otevírání dveří
- prostor pro překládací vozík

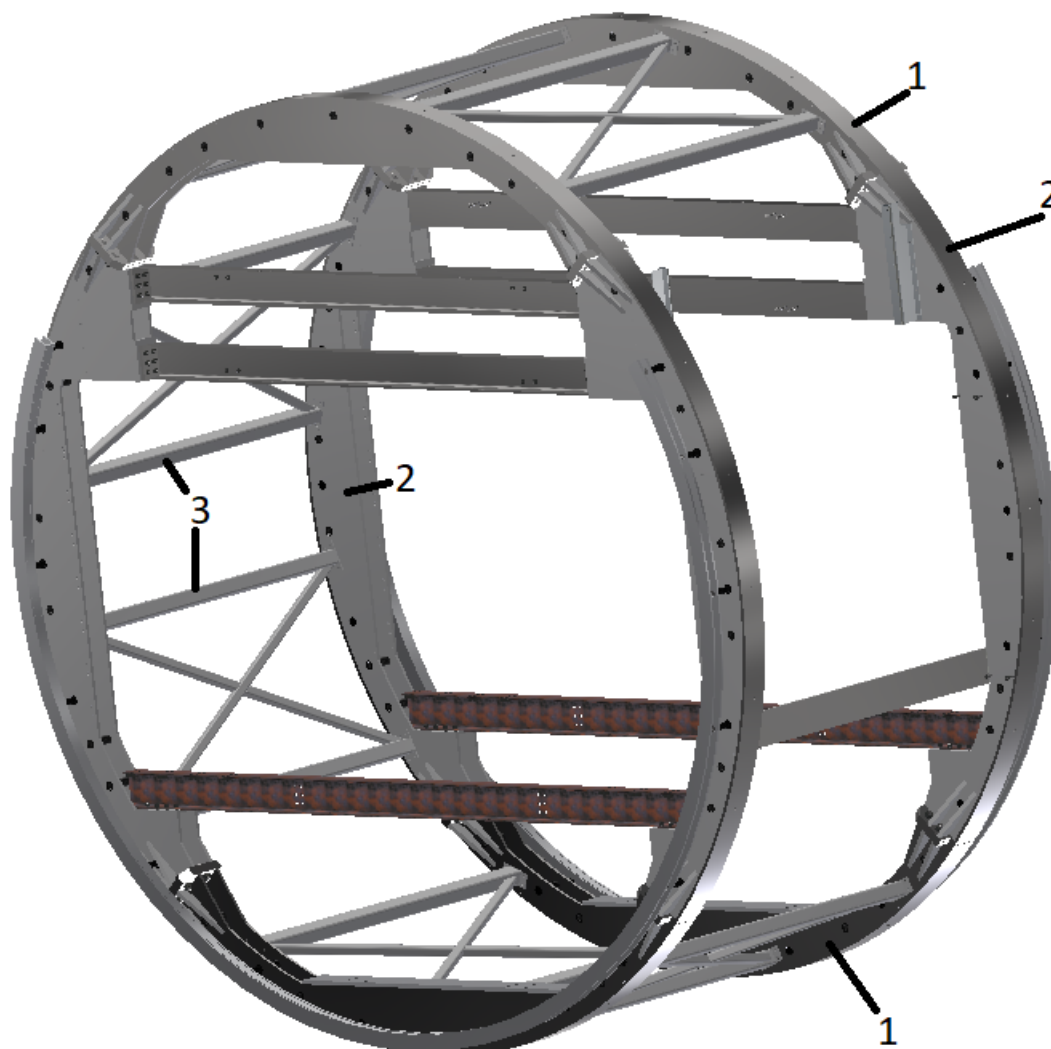


obr. 20.: Pohled na otáčecí rám [autor]

Otočný rám lze rozdělit na několik hlavních komponent, které zaručují správnou funkci. Nejdůležitější je tuhý kruhový rám (1), zajištění kontejneru proti pohybu (2), koncepční návrh otevírání dveří kontejneru (3) a kontejnerový prostor v rámu (4).

## 7.1 KRUHOVÝ RÁM

Kruhový rám je navržen tak, aby dokázal vyhovět požadavku otáčení kontejneru o  $\pm 90^\circ$ . Kruhový rám je tvořen ze tří komponent. Kruhová obruč se skládá ze dvou menších obručí (1,2) a ty jsou pomocí přírub sešroubovány v jednu velkou obruč. Menší obruče jsou svařence z výpalků. Tyto výpalky jsou vypáleny z plechu o tloušťce 20 mm. Pro větší tuhost obručí jsou ve výpalku udělány díry, do kterých jsou vloženy a zavařeny trubky, popřípadě tyče, které mohou být následně využity k připevnění součástek pohonu. Kruhové obruče jsou kvůli vyztužení rámu propojeny příhradami tvořených ze svařenců normalizovaných součástí.

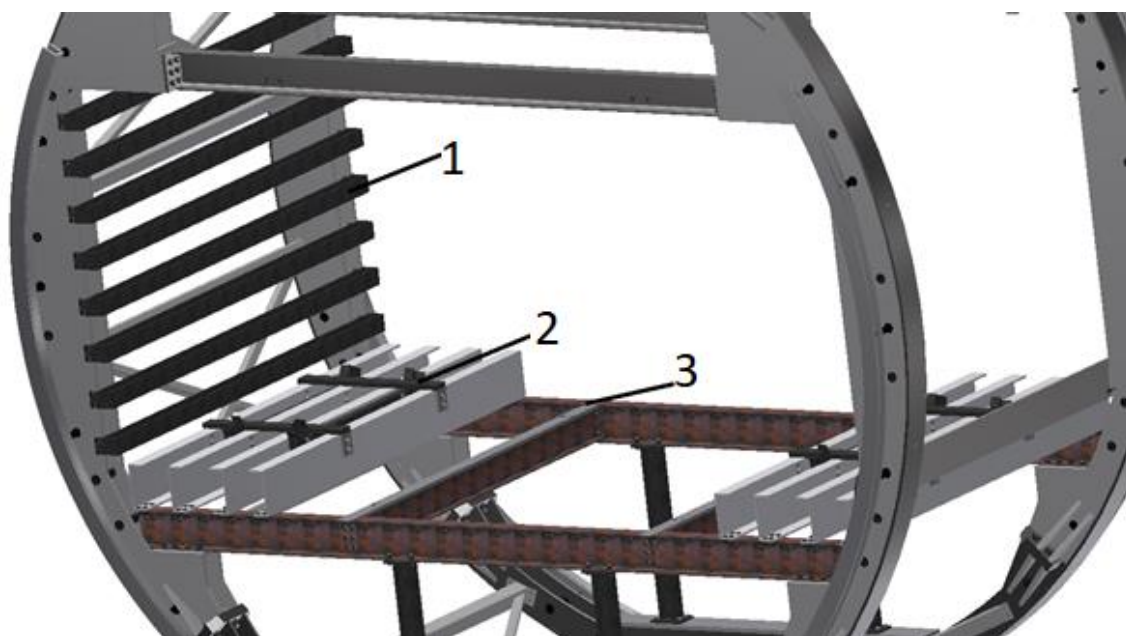


obr. 21.: Kruhový rám [autor]



## 7.2 KONTEJNEROVÝ PROSTOR

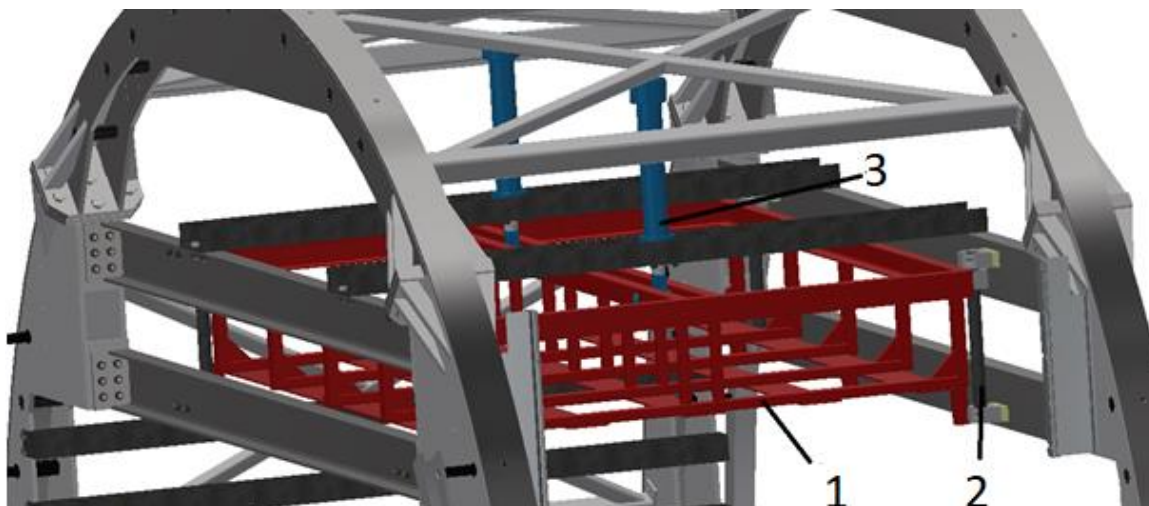
Tento prostor je připravený pro kontejner, který využívá normalizované uchycení kontejnerů na automobily. Rozměry kontejneru mohou být maximálně 2x2x5 m. Kontejner se do kolotoče vkládá pomocí vozíku s mostem a tento vozík potřebuje pod plochou pro horizontální usazení kontejneru (2) místo (3) pro zajištění a vyjetí mostu. Při ukládání kontejneru do kolotoče jsou pro přesnější uložení použity náběhové plochy, které navedou kontejner na místo, kde kontejner dosedá v horizontální poloze. Při otáčení kolotoče do vertikální polohy se změní dosedací plocha (1). Všechny komponenty použité pro návrh jsou svařence z normalizovaných součástí.



obr. 22.: Pohled na kontejnerový prostor [autor]

## **7.3 ZAJIŠTĚNÍ KONTEJNERU PROTI POHYBU**

Z důvodu otáčení kolotoče z horizontální do vertikální polohy je potřebné zajistit aretaci kontejneru, aby kontejner byl fixovaný a nevypadl při otáčení z kolotoče. Hlavní komponenty použity pro aretaci kontejneru jsou: jistící rám (1), lineární vedení (2) a pohon (3).



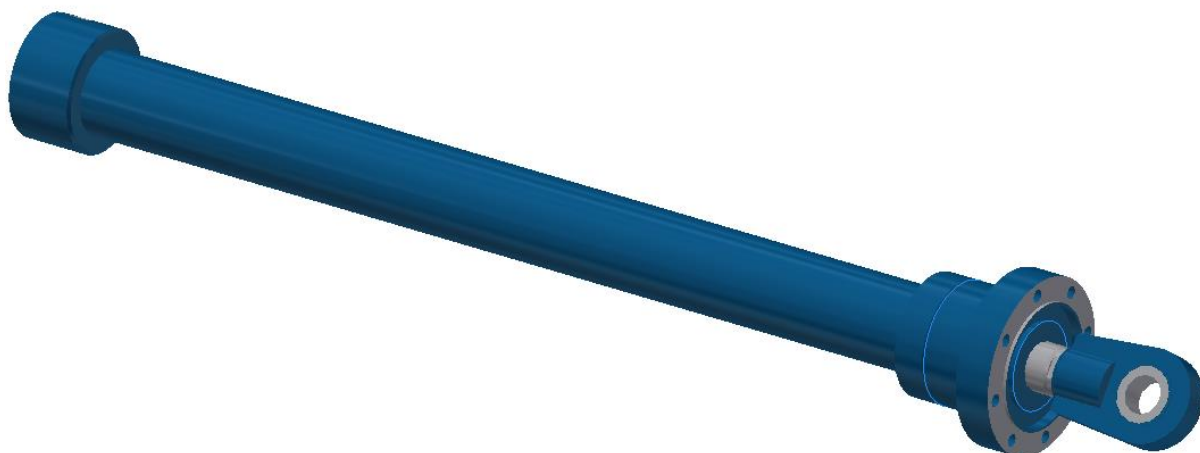
*obr. 23.: Pohled na aretaci kontejneru [autor]*

Jistící rám je svařenec normalizovaných součástí. Tento rám má za úkol jistit kontejner při otáčení. Pro lepší zajištění kontejneru proti pohybu byla dosedací plocha s náběhem navržena tak, aby pomohla udržet kontejner v jedné poloze.

Jistící rám se potřebuje pohybovat, a proto je připevněn ke kruhové obruči pomocí lineárního vedení prodávaného od firmy Matis s.r.o. Toto lineární vedení se skládá z držáku vodící tyče WBA 50, které je napevno uchyceno k obruči. Do tohoto držáku je uchycena vodící tyč o průměru 50 mm. Na jistícím rámu je připevněn lineární set AGC 50.

Jelikož je jistící rám potřeba vysouvat a zasouvat na kontejner, byl navržen hydraulický pohon, který dokáže tento pohyb zajistit. Na jistící rám nepůsobí veliké síly, a proto byl vybrán hydraulický píst od firmy Bosch Rexroth o parametrech:

- maximální výsuv:  $l = 400 \text{ mm}$
- průměr pístu:  $d = 56 \text{ mm}$
- průměr pístnice:  $D = 80 \text{ mm}$
- uchycení pístu: pomocí příruby
- zakončení pístu: oko o průměru  $d = 40 \text{ mm}$

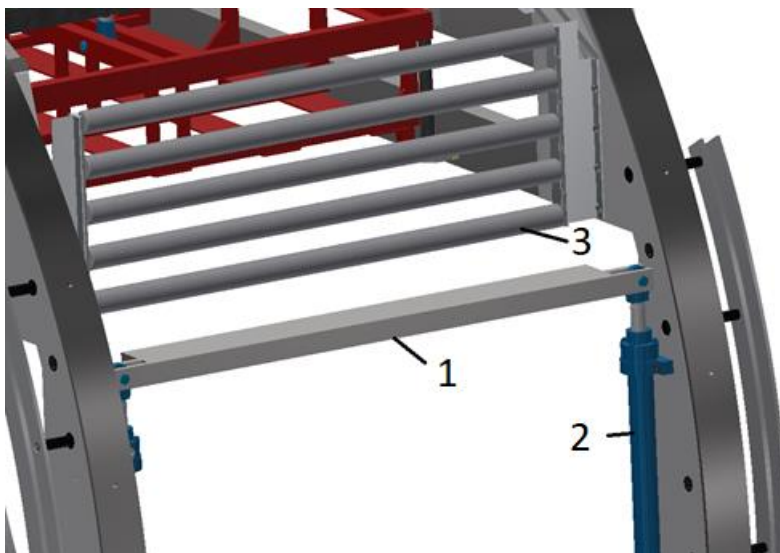


*obr. 24.: Hydraulický píst aretace [autor]*

Pomocí tohoto pohonu je jistící rám vysouván z horní polohy do dolní o vzdálenosti 290 mm.

## 7.4 KONCEPČNÍ NÁVRH OTEVÍRÁNÍ DVEŘÍ KONTAJNERU

Tento návrh je navržen pro výsuvný typ dveří, které lze vysunout nahoru. Nejdůležitější komponenty pro vysouvání jsou: vysouvací plech (1), pohon (2) a dosedací válece (3).



obr. 25.: Pohled na koncepční návrh otevírání dveří [autor]

Princip tohoto otevírání spočívá v tom, že při vkládání kontajneru do kolotoče je U profil připevněný na dveřích nasazen na vysouvací plech. Po usazení kontajneru je hydraulický pohon vysunut o délku dveří (přibližně o 1 700 mm). Aby se dveře vysouvali rovně, tak na rám byl přidělán rám s válečkami, kteří udržují dveře při vysouvání ve stejné výškové úrovni.

Pro pohon byl použit hydraulický píst od firmy Bosch Rexroth o parametrech:

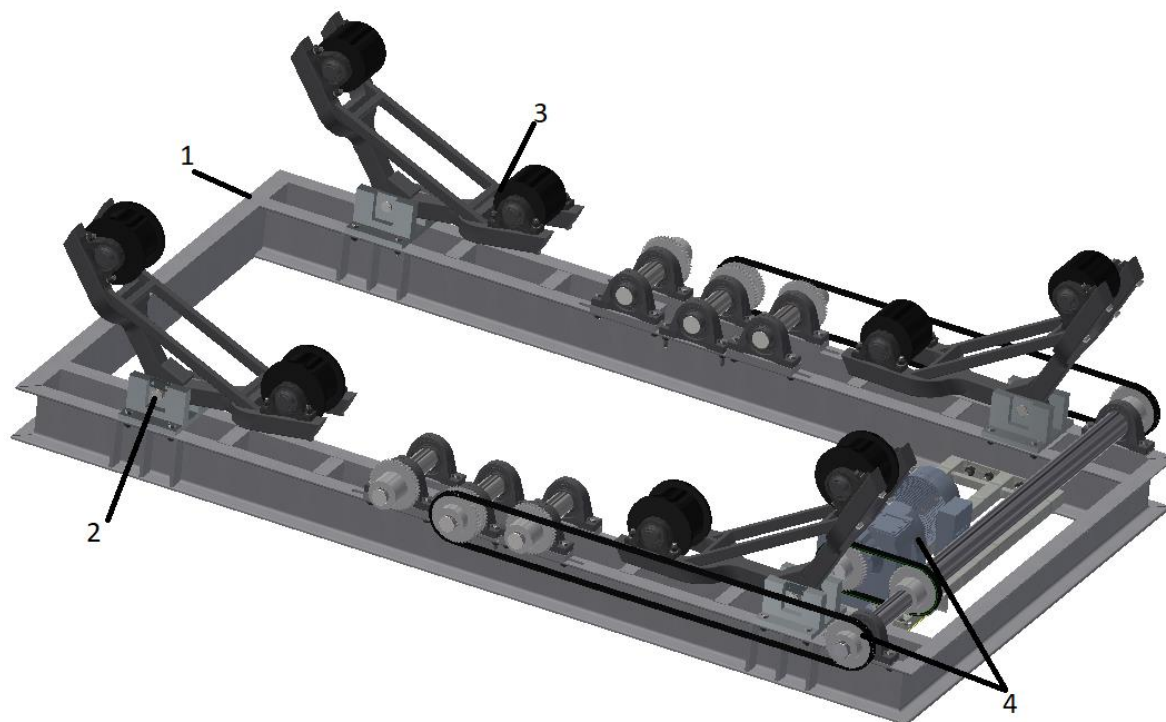
- maximální výsuv:  $l = 1\,700\text{ mm}$
- průměr pístu:  $d = 56\text{ mm}$
- průměr pístnice:  $D = 80\text{ mm}$
- uchycení pístu: pomocí příruby
- zakončení pístu: oko o průměru  $d = 40\text{ mm}$

Válečky, které byly použity pro udržování výškové úrovně dveří při otevírání jsou od firmy Rollven. Typ válečku je Delta Roller o průměru válečku  $d = 89\text{ mm}$ , průměru hřídele  $d_1 = 20\text{ mm}$  a délce  $l = 1\,995\text{ mm}$  [24].

## 8 KOTVÍCÍ RÁM

Poslední částí plnicí stanice je kotvící rám. Tento rám slouží jako základna pro otočný rám. Tento rám musí být nejbytelnější z celé stanice, protože nese váhu otočného rámu s plným kontejnerem a zároveň musí být připraven unést přídavek od lisovací síly.

Na obrázku 26 jsou vidět základní komponenty kotvícího rámu. Mezi ně lze zařadit rám (1), váhící systém (2), vahadlový systém (3) a řetězový pohon pro otáčení otočného rámu.

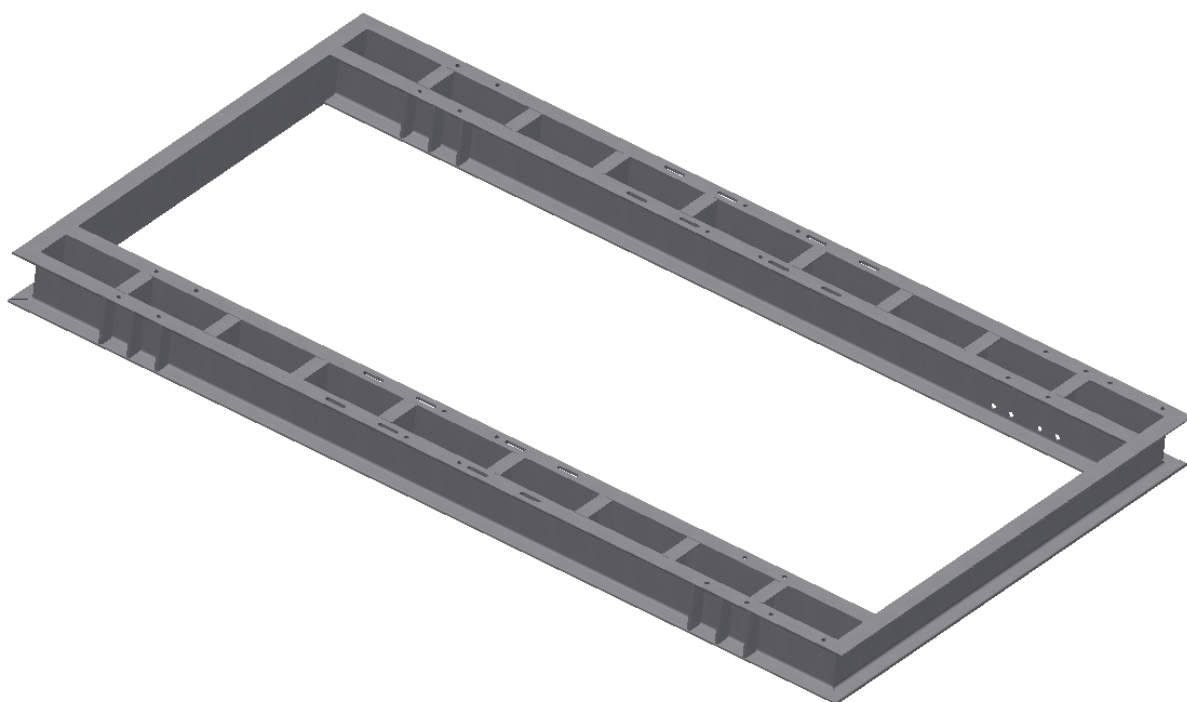


obr. 26.: Pohled na kotvící rám [autor]

## 8.1 RÁM

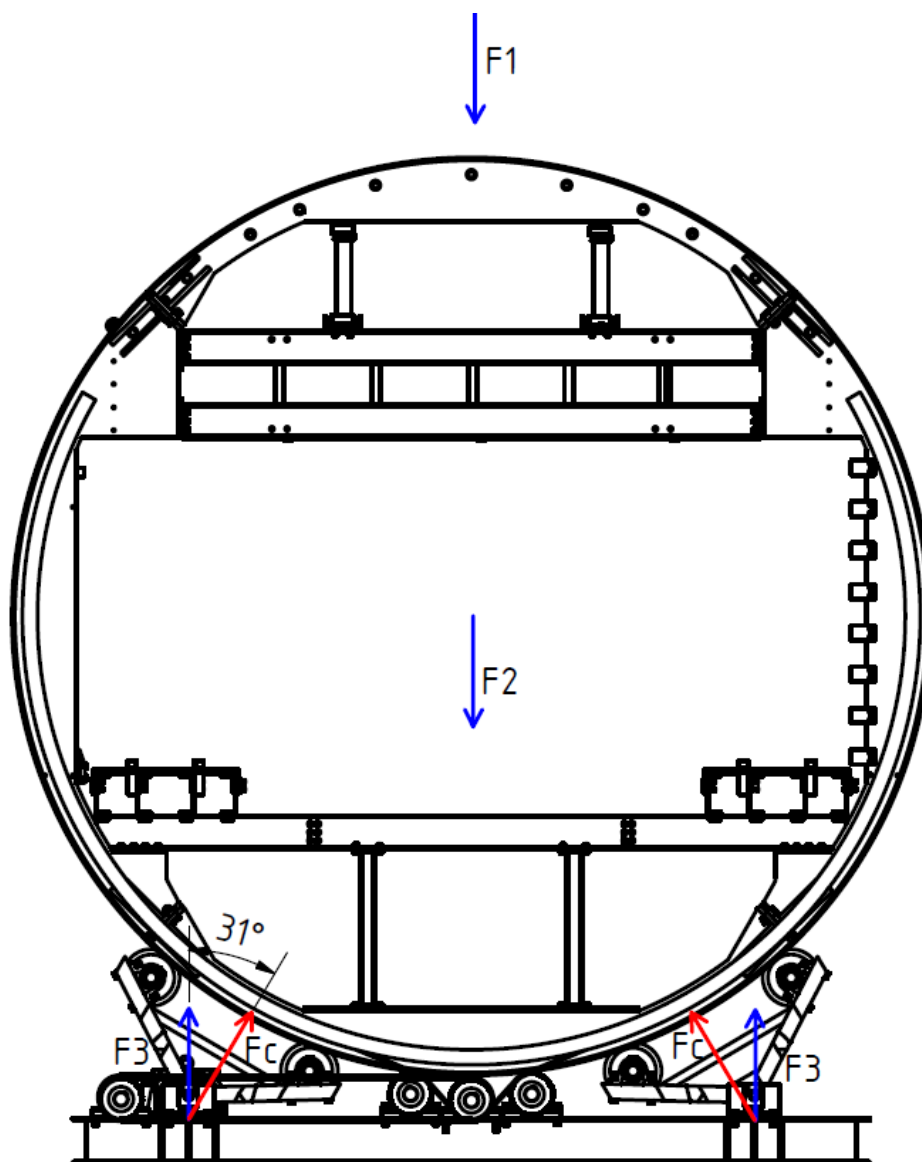
Nejvíce zatěžovanou součástí celé plnicí stanice je tento rám, který musí nést hmotnost celého systému. Navíc je potřeba, aby dokázal unést přídatnou sílu od lisu, který pěchuje odpad v kontejneru.

Z důvodu velkého zatížení byl rám navržen jako svařenec z U profilu, který by měl odolat tomuto zatížení. Tento rám bude ukotven na připravený betonový podklad, aby byl pevně uchycen a nebyla možnost pohybu. Jelikož kontejner musí být usazen 1 200 mm nad úrovní kolejnic pro lepší překládání kontejneru z otočného rámu na vozík, tak tento rám musí být usazen 1 300 mm pod úrovní kolejnic.



*obr. 27.: Pohled na rám [autor]*

### 8.1.1 VÝPOČET SIL PŮSOBÍCÍCH NA RÁM:



obr. 28.: Síly působící na rám [autor]

$F_1$  ..... Lisovací síla,  $F_1 = 30\,000\text{ N}$

$F_2$  ..... Síla od otočného rámu s plným kontejnerem

$$F_2 = m_o \cdot g + m_k \cdot g = 13\,908 \cdot 9,81 + 17\,000 \cdot 9,81 = 303\,207,5\text{ N} \quad (2)$$

$m_o$  ..... Hmotnost otočného rámu,  $m_o = 13\,908\text{ kg}$

$m_k$  ..... Hmotnost plného kontejneru,  $m_k = 17\,000\text{ kg}$

$g$  ..... Tíhové zrychlení,  $g = 9,81\text{ m.s}^{-2}$



Statická rovnováha:

$F_3$  ..... Působící síla na rám v uložení (osa y) [N]

$$F_1 + F_2 = 4 \cdot F_3 \quad (3)$$

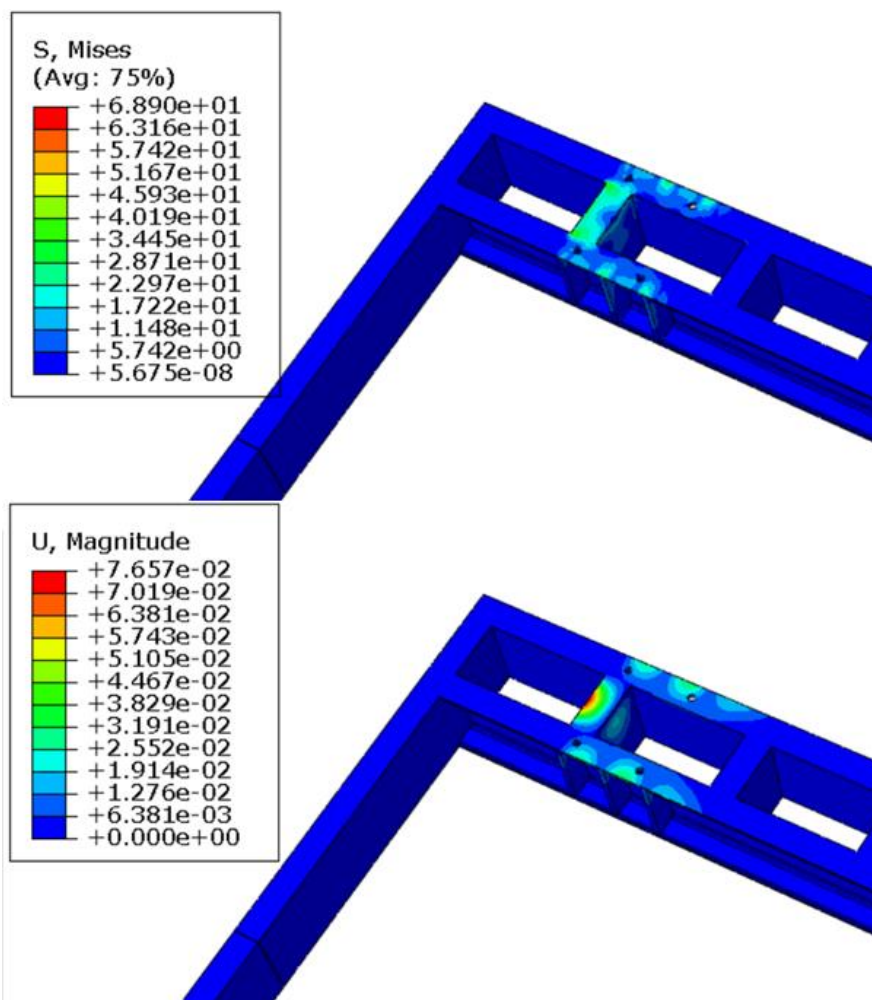
$$F_3 = \frac{F_1 + F_2}{4} = \frac{30\,000 + 303\,207,5}{4} = 83\,301,9\,N$$

$F_c$  ..... Celková síla působící na rám v uložení [N]

$\alpha$  ..... Úhel zatížení celkové síly,  $\alpha = 31^\circ$

$$F_c = \frac{F_3}{\cos \alpha} = \frac{83\,301,9}{\cos (31)} = 97\,182,8\,N \quad (4)$$

Rám byl analyzován v systému Abaqus, kde v každém bodu uložení byl rám zatížen silou  $F = 100\,000\,N$  pod úhlem  $\alpha = 31^\circ$ , aby byla zajištěna určitá bezpečnost při přetížení kontejneru.



obr. 29.: Vyhodnocení analýzy rámu [Abaqus]



Na obrázku 29 je vidět výsledek analýzy rámu, který byl zatížen silou  $F = 100\,000\text{ N}$ . Maximální napětí je v místě, kde se očekávalo a napětí  $\sigma = 68,9\text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ . Na obrázku je vidět, že posuv v místě uložení je menší než 0,1 mm. Díky této analýze lze říci, že rám je schopný vydržet toto zatížení.

## 8.2 VÁŽÍCÍ SYSTÉM

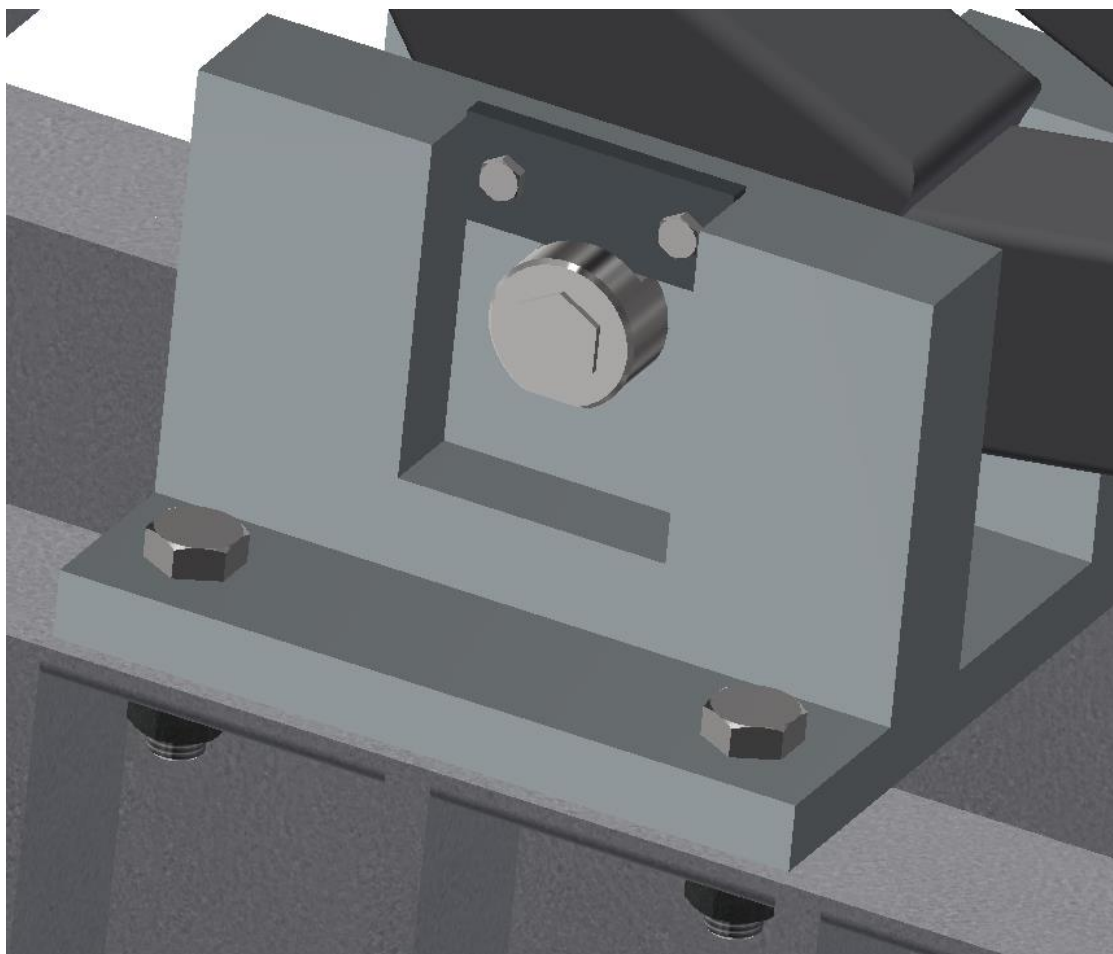
Vážicí systém použitý u plnicí stanice je důležitý, protože je třeba hlídat váhu plného kontejneru. Tuto váhu je třeba hlídat z důvodu nosnosti překládajících vozíků a SKO tramvají, které tento kontejner převážejí.

Pro tento systém byl zvolen vážicí čep od firmy MAGTROL SA, která je v České republice distribuována pomocí firmy AREMAG motor test s.r.o. Síla  $F_c$  je síla působící na rám a zároveň je to síla, která působí na vážicí čep. Jelikož síla  $F_c$  se blíží 100 kN, tak byl zvolen vážicí čep LB 217. Čep je vyroben z nerezové oceli typu 1,4057 a je možné ho přetížit až na 150 % jmenovité zátěže, aniž by to mělo nějaký vliv na měření. Tento čep dokáže vážit hmotnost až 200 kN [21].



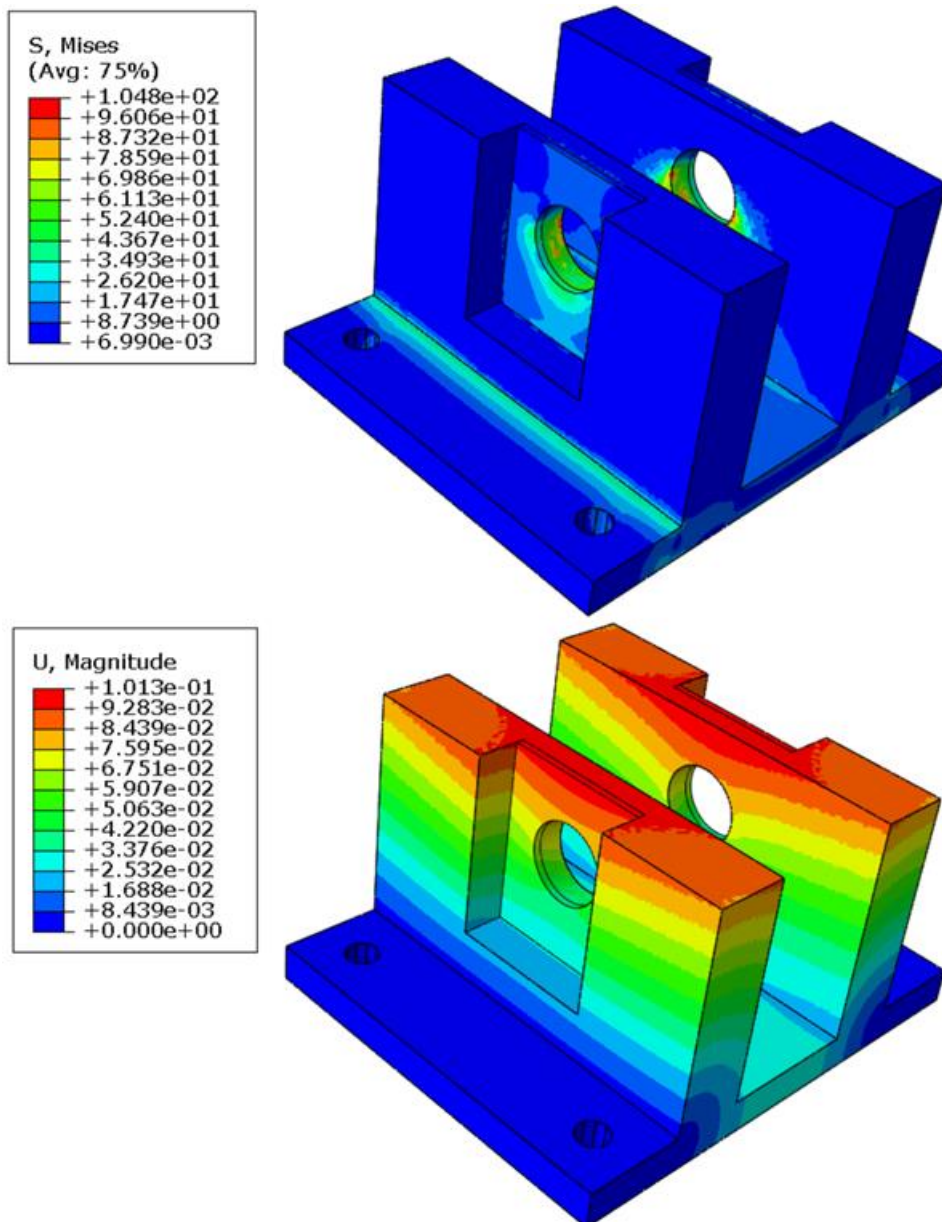
obr. 30.: Vážicí čep [21]

Podmínkou tohoto čepu je, že dokáže vážit, pokud na něj síla působí pouze v jednom směru. Pro splnění těchto podmínek byl vážicí čep napevno vložen mezi rám a vahadlový systém. Čep je vložen do držáku a aby se nemohl otáčet, je zajištěn pomocí plechu, který je také přišroubovaný k držáku. Toto upevnění lze vidět na obrázku 30.



*obr. 31.: Uložení vážícího čepu [autor]*

Pro zjištění, zda držák čepu dokáže vystát stejné zatížení, jaké působí na vážící čep, byl držák podroben analýze v programu Abaqus. Zatěžovací síla působící na držák je síla  $F_c = 100\,000\text{ N}$ . Síla  $F_c$  působí na držák v místě uložení vážícího čepu pod úhlem  $\alpha = 31^\circ$ .

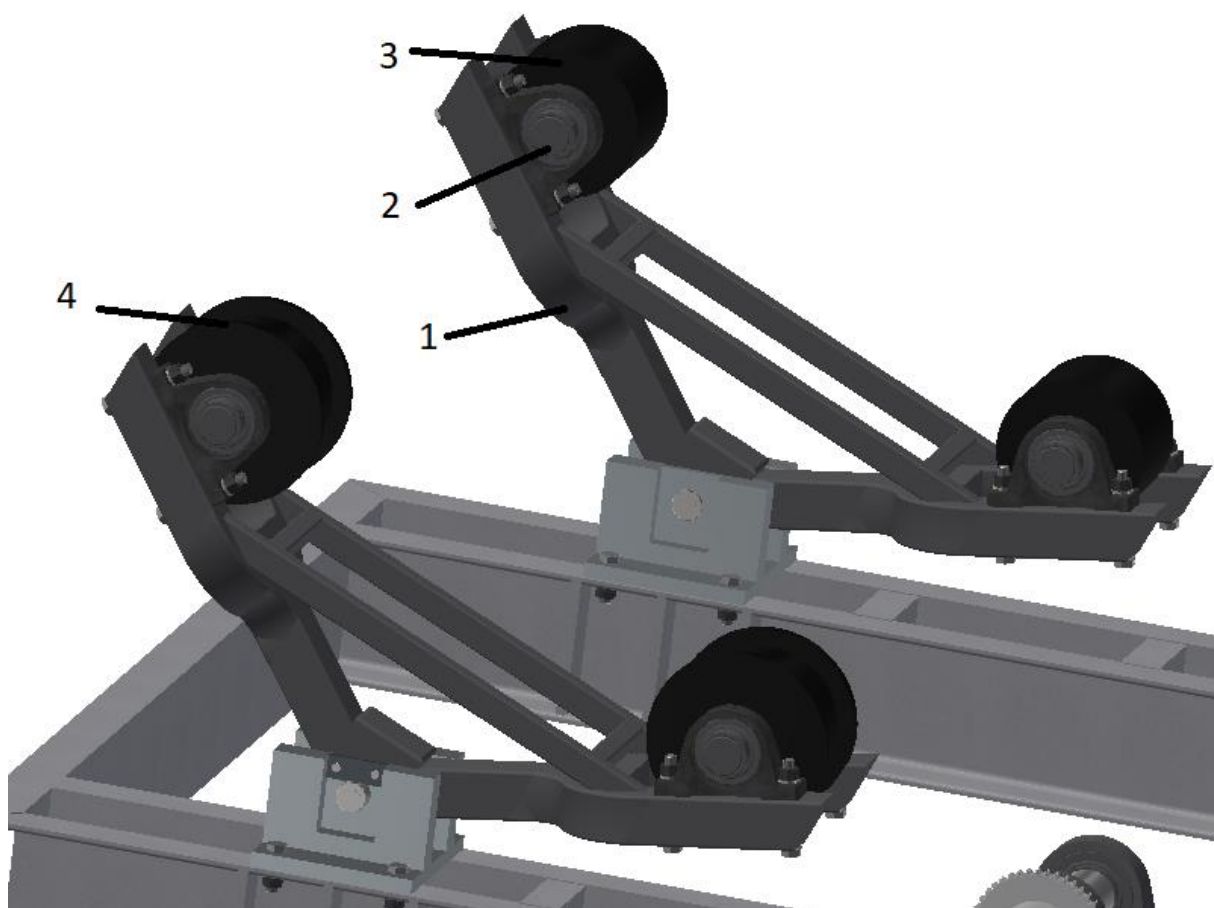


obr. 32.: Vyhodnocení analýzy držáku [Abaqus]

Na obrázku 32 je vidět držák vážícího čepu, který byl analyzován pomocí programu Abaqus. Držák byl zatížen silou  $F_c = 100\,000\text{ N}$ . V horní části obrázku je vidět maximální napětí, které lze při tomto zatížení dosáhnout. Maximální napětí  $\sigma = 104\text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$  se nachází v místě, kde je uložen vážící čep. V dolní části obrázku je znázorněn maximální posuv součásti, který je  $0,1\text{ mm}$ . Obě tyto hodnoty jsou hodnoty, které jsou přijatelné, a proto navržený držák vyhovuje.

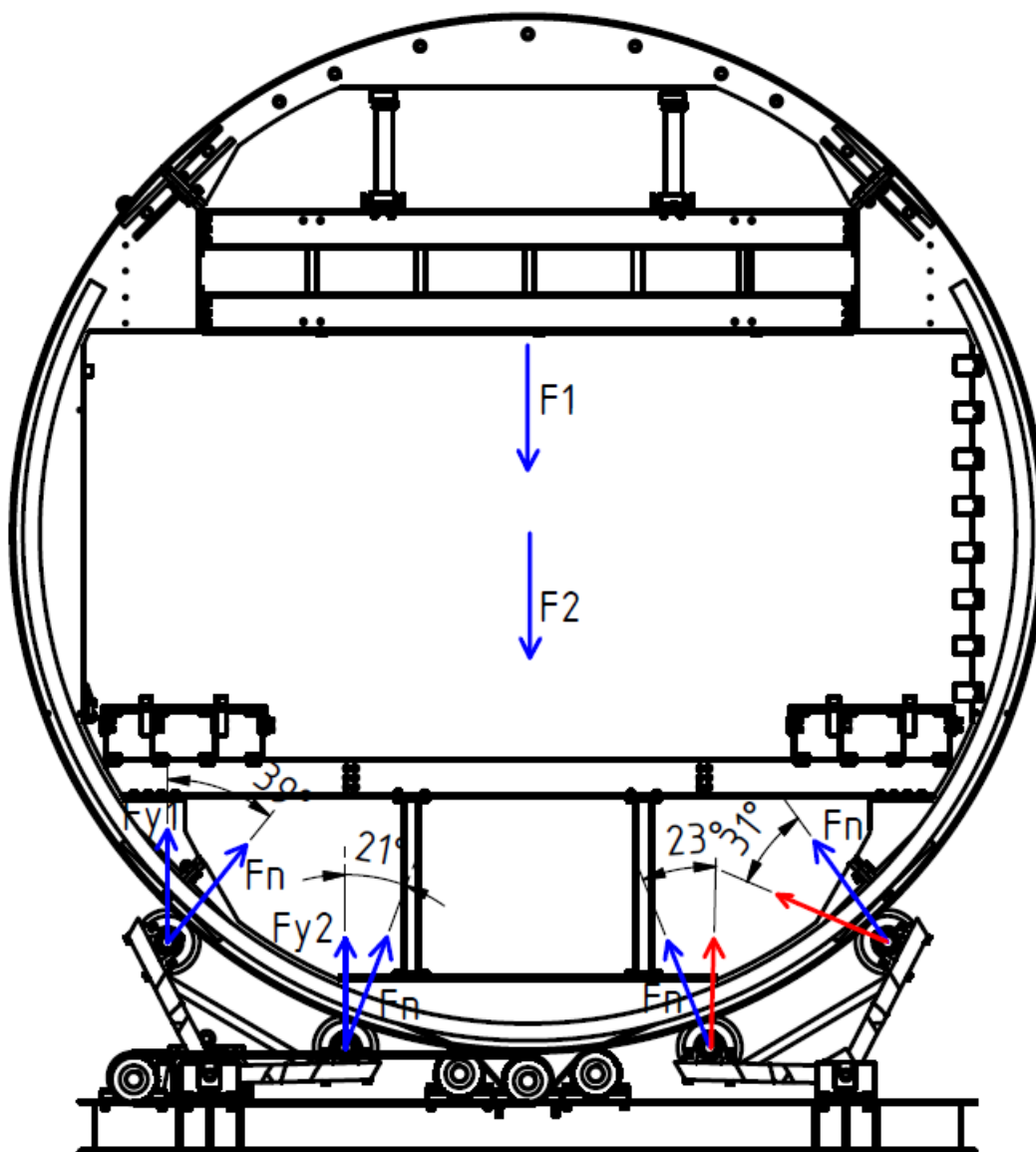
## 8.3 VAHADLOVÝ SYSTÉM

Tato část kotvícího rámu je část, která slouží jako podpora otočného rámu. Tento princip byl zvolen kvůli lepšímu rozložení sil mezi všechny vahadla (1), jelikož tyto vahadla jsou pohyblivá. Vahadla jsou uložena pomocí kluzného ložiska na vážícím čepu a jeho držáku. Na vahadlech jsou pomocí ložisek a hřídelí (2) uloženy dva typy bubnů. Jeden buben je bez osazení (3) a druhý buben má na okrajích osazení (4). Tyto dva různé bubny byly navrženy, aby se otočný rám při otáčení otáčel a v případě křížení nezastavoval. Buben s osazením (4) ho zespoda podporuje a zároveň udržuje pozici otočného rámu. Buben bez osazení (3) rámu dělá pouze podporu.



*obr. 33.: Pohled na vahadlový systém [autor]*

### 8.3.1 VÝPOČET SIL PŮSOBÍCÍCH NA VAHADLA:



obr. 34.: Působení sil na vahadla [autor]

Na obrázku je vidět rozložení sil působících na vahadla. Síla  $F_n$  je normálová síla vzniklá od tečného styku bubnu a otočného rámu. Jelikož vahadla jsou pohyblivá, tak všechny normálové síly jsou stejné. Dále je z levé části obrázku vidět, že síly  $F_n$  lze dopočítat pomocí sestavení statických rovnic v ose  $y$ . Síla  $F_1$  je lisovací síla a síla  $F_2$  je síla od otočného rámu s plným kontejnerem.

Statická rovnováha:

$$F_1 + F_2 - 4 \cdot F_{y1} - 4 \cdot F_{y2} = 0 \quad (5)$$

Z obrázku lze vyčíst, že:

$$F_{y1} = F_n \cdot \cos \alpha_1$$

$$F_{y2} = F_n \cdot \cos \alpha_2$$

$\alpha_1$ ..... úhel mezi silami  $F_{y1}$  a  $F_n$ ,  $\alpha_1 = 39^\circ$

$\alpha_2$ ..... úhel mezi silami  $F_{y2}$  a  $F_n$ ,  $\alpha_2 = 21^\circ$

$\alpha_3$ ..... úhel mezi silami,  $\alpha_3 = 31^\circ$

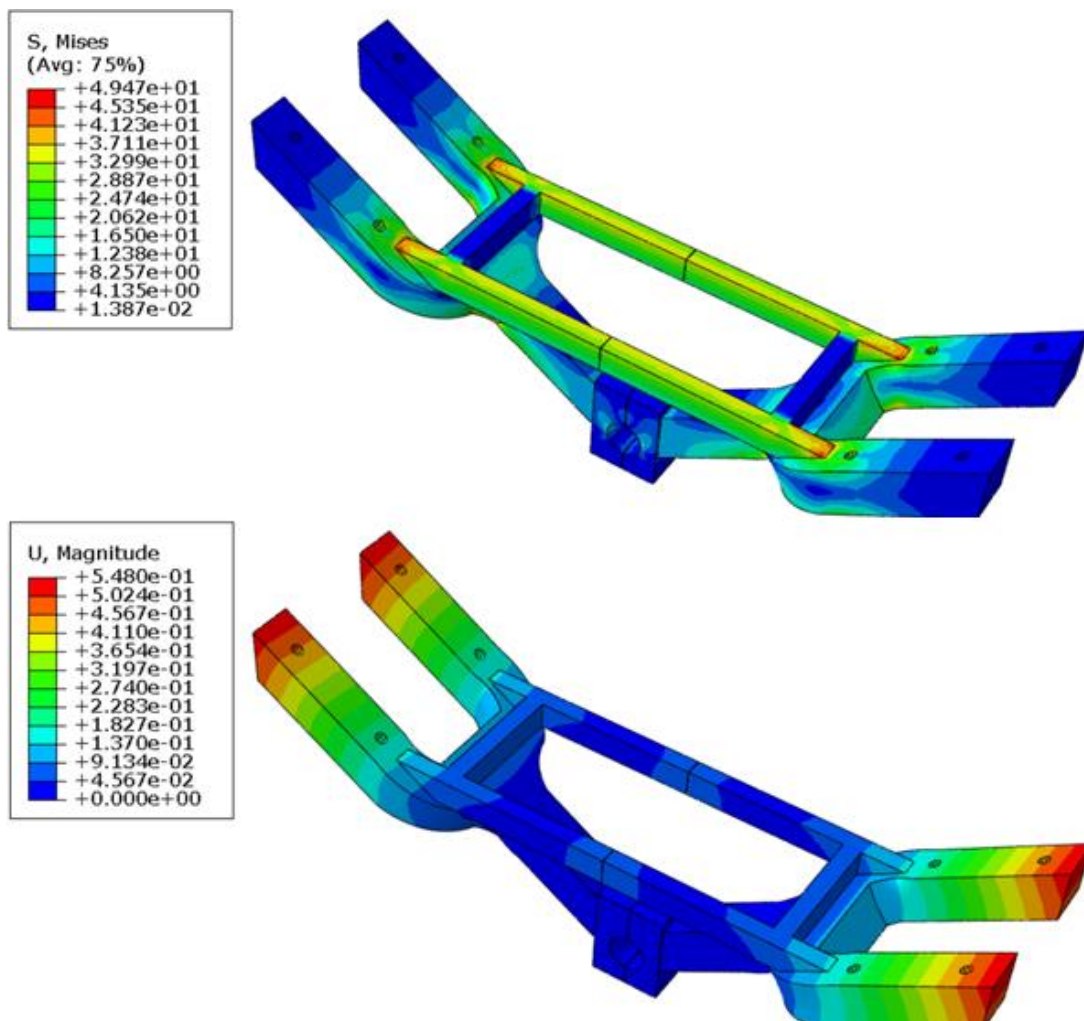
$\alpha_4$ ..... úhel mezi silami,  $\alpha_4 = 23^\circ$

Po dosazení  $F_{y1}$  a  $F_{y2}$  do rovnovážné rovnice a vyjádření síly  $F_n$  vzniká vzorec:

$$F_n = \frac{F_1 + F_2}{4 \cdot (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)} = \frac{303\,207,5 + 30\,000}{4 \cdot (\cos 39 + \cos 21)} = 48\,693,9 \text{ N}$$

Normálová síla  $F_n$ , která vyšla byla dále použita při analýze vahadel v programu Abaqus. Z obrázku 34 byly odečteny úhly  $\alpha_3$  a  $\alpha_4$  mezi červenou šipkou a silou  $F_n$ , pod kterými síla  $F_n$  působí na vahadlo a byla dosazena do programu.





obr. 35.: Vyhodnocení analýzy vahadla [Abaqus]

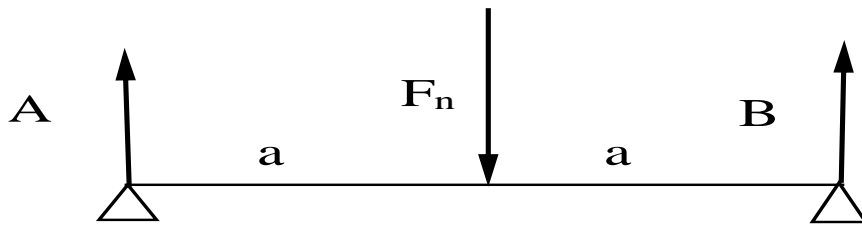
Na obrázku 35 je vidět vahadlo, které bylo analyzováno pomocí programu Abaqus. Vahadlo bylo zatíženo silou  $F_n$  působící pod úhly  $\alpha_3$  a  $\alpha_4$  vypočítané pomocí obr.:34. V horní části obrázku je vidět maximální napětí, které lze při tomto zatížení dosáhnout. Maximální napětí  $\sigma = 49,4 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$  se nachází v místě, kde je vahadlo vyztuženo, aby se při větším zatížení neotevíralo. V dolní části obrázku je znázorněn maximální posuv součásti, který je méně než 0,6 mm. Obě tyto hodnoty jsou přijatelné, a proto navržený držák vyhovuje.



### 8.3.2 VÝPOČET ULOŽENÍ BUBNŮ:

Výpočet hřídele:

Hřídel je namáhán pouze ohybem a její průměr je  $d = 80 \text{ mm}$ .



obr. 36.: Zatížení hřídele [autor]

Výpočet reakcí:

$$a = 160 \text{ mm}$$

$$M_B: A \cdot (a + a) - F_n \cdot a = 0 \quad (6)$$

$$M_A: B \cdot (a + a) - F_n \cdot a = 0 \quad (7)$$

$$A = \frac{F_n \cdot a}{a + a} = \frac{48\,693,9 \cdot 160}{320} = 24\,346,95 \text{ N}$$

$$B = \frac{F_n \cdot a}{a + a} = \frac{48\,693,9 \cdot 160}{320} = 24\,346,95 \text{ N}$$

Výpočet maximálního napětí:

$$M_o = A \cdot a = 24\,346,95 \cdot 160 = 3\,895\,512 \text{ Nmm} \quad (8)$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 80^3}{32} = 50\,265,48 \text{ mm}^3 \quad (9)$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{3\,895\,512}{50\,265,48} = 77,49 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (10)$$

tab. 3.: Dovolené napětí

Materiál	11 500	11 600	11 700
$\sigma_d [N \cdot \text{mm}^{-2}]$	70-105	85-115	80-95

Bezpečnost materiálu bude vyhovovat pro materiál 11 600 a 11 700.

### 8.3.3 VÝPOČET LOŽISEK NA VAHADLE:

Toto ložisko přenáší radiální sílu.

Volím kuličkové ložisko SYJ 80 TF [20]:

tab. 4.: Parametry ložiska SYJ 80 TF

d[mm]	B[mm]	C[N]	$C_o$ [N]	$f_o$ [-]
80	77,8	72 800	53 000	12

Výpočet otáček ložiska:

$$i_1 = \frac{n}{n_o} = \frac{D_o}{d_b} \quad (11)$$

$n_o$ ..... otáčky otočného rámu,  $n_o = 1,5 \text{ ot/min}$

$D_o$ ..... průměr otočného rámu,  $D_o = 6\,000 \text{ mm}$

$d_b$ ..... průměr bubnu,  $d_b = 300 \text{ mm}$

$n$ ..... otáčky ložisek

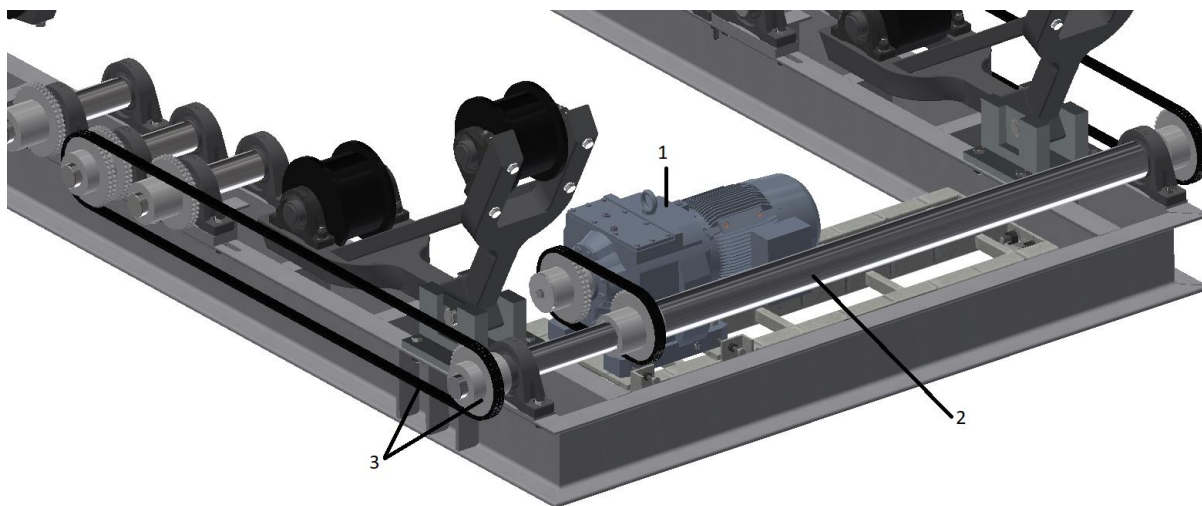
$$n = \frac{D_o \cdot n_o}{d_b} = \frac{6\,000 \cdot 1,5}{300} = 30 \text{ ot/min}$$

$$L_h = \left(\frac{C}{F_{ek}}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{72\,800}{24\,346,95}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 30} = 14\,852,1 \text{ h} \quad (12)$$

Ložisko SYJ 80 TF vydrží 14 852 hodin v provozu.

## 8.4 NÁVRH POHONU

Nedílnou součástí kotvícího rámu je i pohon. Na obrázku 37 je vidět umístění pohonu a jeho složení. Jako pohon pro otočný rám byl zvolený elektrický motor (1), který pohání ozubená kola s řetězy (3). Aby byl zajištěn rovnoměrný pohyb otočného rámu byl pohon pomocí hřídele (2) rozveden na obě strany rámu a otočný rám je poháněn z obou stran.



obr. 37.: Pohled na pohon [autor]

### 8.4.1 NÁVRH MOTORU

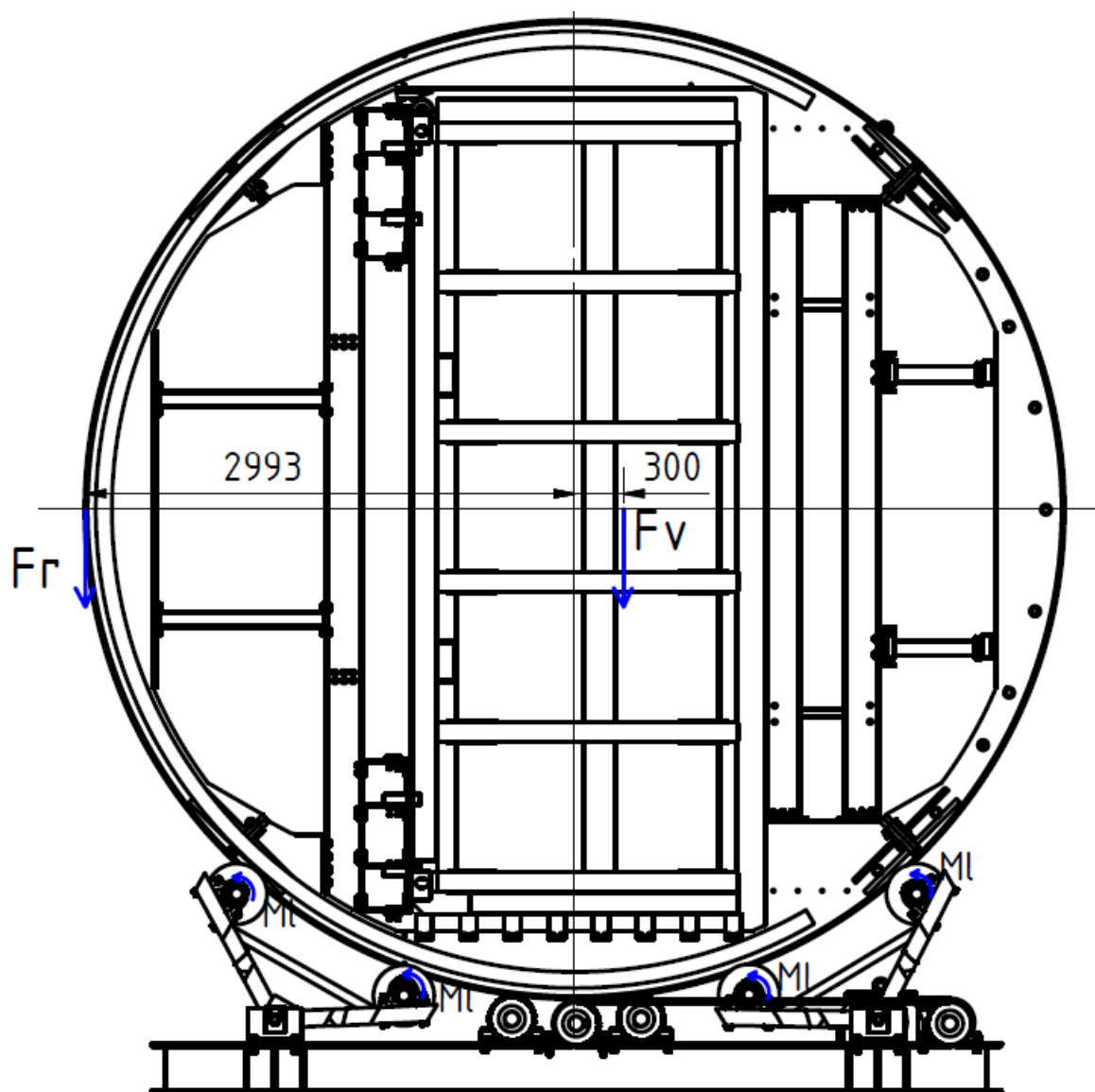
Jako pohon pro otáčení otočného rámu byl vybrán elektrický motor od firmy Siemens o parametrech [23]:

tab. 5.: Parametry motoru

Typ motoru	SIMOGEAR D149-LES180MQ4P
Výstupní otáčky (n)	24.6 ot/min
Výstupní kroutící moment ( $M_k$ )	7189.59 Nm
Výkon (P)	18,5 kW

Pro správný návrh pohonu bylo zapotřebí nejdříve vypočítat odpory v systému. Předpokládané největší odpory jsou od ložisek na bubnech a v případě nerovnoměrného naplnění kontejneru je třeba uvažovat, že se těžiště nebude vyskytovat v ose rotace.

Výpočet odporů:



obr. 38.: Schéma odporů [autor]

$M_l$  ..... Odporový moment ložiska SYJ 80 [Nm]

$F_v$  ..... Odporová síla při vychýlení těžiště [N]

$F_r$  ..... Nejmenší potřebná síla pro otáčení [N]

$$F_v = m_k \cdot g = 17\,000 \cdot 9,81 = 166\,770\,N \quad (13)$$

Odpor ložiska [20]:

Odpor ložiska se počítá pomocí vzorce:

$$M_l = M_{rr} + M_{sl} + M_{seal} + M_{drag} \quad (14)$$

který se skládá z valivého třecího momentu, kluzného momentu, momentu od těsnění a brzdného momentu od olejové lázně, který v našem případě je roven nule.

Valivý třecí moment se počítá pomocí vzorce:

$$M_{rr} = \Phi_{ish} \cdot \Phi_{rs} \cdot G_{rr} \cdot (\nu \cdot n)^{0,6} \quad (15)$$

Z parametrů ložiska a tabulek uvedených u výpočtů můžeme odečíst

- $\nu = 190 \frac{mm^2}{s}$  – kinematická viskozita použitého maziva VT307 při 40°C
- $D = 140 \text{ mm}$  – velký průměr ložiska
- $d = 80 \text{ mm}$  – malý průměr ložiska
- $n = 30 \frac{ot}{min}$  – otáčky ložiska
- $F_r = 24\,346,95 \text{ N}$  – radiální síla působící na ložisko
- $d_m = \frac{D+d}{2} = 110 \text{ mm}$  – střední výpočtový průměr ložiska
- $K_{rs} = 6 \cdot 10^{-8}$  – koeficient mazání, pro normální mazání
- $K_z = 3,1$  – koeficient pro kuličkové ložisko
- $R_1 = 4,4 \cdot 10^{-7}$
- $S_1 = 2 \cdot 10^{-3}$
- $\mu_{EHL} = 0,04$  – pro syntetické oleje
- $\mu_{bl} = 0,15$  – pro startování
- $K_{s1} = 0,018$
- $\beta = 2,25$
- $d_s = d_1 = 97,4 \text{ mm}$
- $K_{s1} = 0$

$$\Phi_{ish} = \frac{1}{1 + 1,84 \cdot 10^{-9} \cdot (n \cdot v)^{1,28} \cdot v^{0,64}} \quad (16)$$

$$\Phi_{ish} = \frac{1}{1 + 1,84 \cdot 10^{-9} \cdot (30 \cdot 190)^{1,28} \cdot 190^{0,64}} \\ = 0,996$$

$$\Phi_{rs} = \frac{1}{e^{K_{rs} \cdot v \cdot n \cdot (d+D) \cdot \sqrt{\frac{K_z}{2 \cdot (D-d)}}}} \quad (17)$$

$$\Phi_{rs} = \frac{1}{e^{6 \cdot 10^{-8} \cdot 190 \cdot 30 \cdot (80+140) \cdot \sqrt{\frac{3,1}{2 \cdot (140-80)}}}} = 0,987$$

$$G_{rr} = R_1 \cdot dm^{1,96} \cdot F_r^{0,54} = 4,4 \cdot 10^{-7} \cdot 110^{1,96} \cdot 24\,346,9^{0,59} \\ = 1,7 \quad (18)$$

Po dosazení hodnot je valivý třecí moment:

$$M_{rr} = 0,996 \cdot 0,987 \cdot 1,7 \cdot (190 \cdot 30)^{0,6} = 299,6 \text{ Nmm}$$

Kluzný moment:

$$M_{sl} = G_{sl} \cdot \mu_{sl} \quad (19)$$

Pokud je axiální síla rovna nule, pro  $G_{sl}$  platí:

$$G_{sl} = S_1 \cdot dm^{-0,26} \cdot F_r^{\frac{5}{3}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 110^{-0,26} \cdot 24\,346,9^{\frac{5}{3}} \\ = 12\,050,5 \quad (20)$$

Třecí koeficient:

$$\mu_{sl} = \Phi_{bl} \cdot \mu_{bl} + (1 - \Phi_{bl}) \cdot \mu_{EHL} \quad (21)$$

Kde:

$$\Phi_{bl} = \frac{1}{e^{2,6 \cdot 10^{-8} \cdot (v \cdot n)^{1,4} \cdot d_m}} = \frac{1}{e^{2,6 \cdot 10^{-8} \cdot (190 \cdot 30)^{1,4} \cdot 110}} = 0,82 \quad (22)$$

Potom:

$$\mu_{sl} = 0,82 \cdot 0,15 + (1 - 0,82) \cdot 0,04 = 0,13$$

Kluzný moment po dosazení vyjde:

$$M_{sl} = 12\,050,5 \cdot 0,13 = 1\,568,98 \text{ Nmm}$$

Třecí moment těsnění:

$$M_{seal} = K_{s1} \cdot d_s^\beta + K_{s2} = 0,018 \cdot 97,4^{2,25} = 536 \text{ Nmm} \quad (23)$$

Moment jednoho ložiska se rovná:

$$M_l = M_{rr} + M_{sl} + M_{seal} = 536 + 299,6 + 1\,568,98 = 2\,404,58 \text{ Nmm} = 2,404 \text{ Nm}$$

Celkový moment všech ložisek:

$$M_c = M_l \cdot 16 = 2,404 \cdot 16 = 38,46 \text{ Nm} \quad (24)$$

Celkový odpor ložisek je 38,46 Nm.

$$F_r \cdot 2993 > F_v \cdot 300 + M_c \Rightarrow \quad (25)$$

$$F_r > (F_v \cdot 300 + M_c) / 2993$$

$$F_r > \frac{166\,770 \cdot 300 + 38\,460}{2993}$$

$$F_r > 16\,728,9 \text{ N}$$

Aby se otočný rám otáčel je potřeba síla 16 728,9 N.

Na motor a hřídele byly nasazeny ozubená kola o průměru 273 mm. Síla působící na ozubeným kole a v řetězu je:

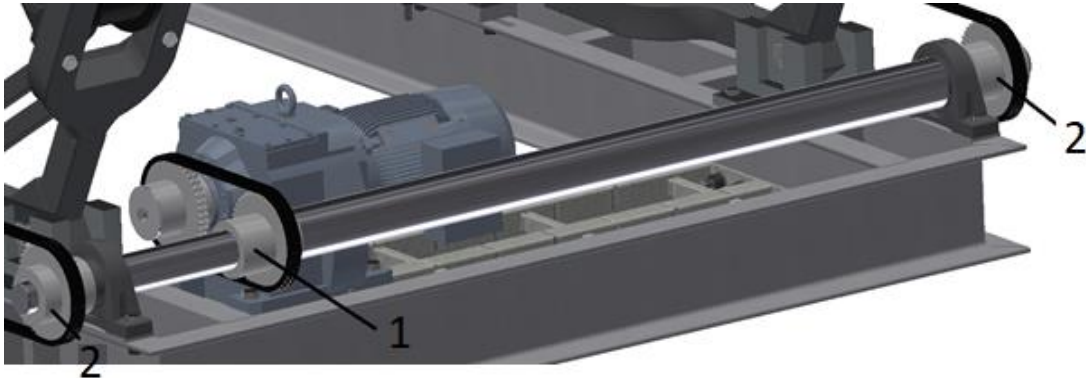
$$F_r = \frac{\frac{M_k}{273}}{2} = \frac{7\,186\,590}{136,5} = 52\,649 \text{ N} \quad (26)$$

Síla  $F_r$  je větší než potřebná síla pro otáčení. Motor dokáže otočným rámem otáčet.

Pro přenos kroutícího momentu mezi ozubenými koly byl zvolen dvouřadý válečkový řetěz typu 16 B-2, který dokáže přenést sílu až 110 000 N.

## 8.4.2 VÝPOČET PER

Jelikož prostřední ozubené kolo (1) přenáší celý kroutící moment, tak bylo zvoleno pero: 28x16x180 ČSN 02 2562. Pro krajní ozubená kola, kde působí poloviční kroutící moment byly zvoleny pera 25x14x140 ČSN 02 2562.



obr. 39.: Pohled na umístění per [autor]

Výpočet pera 28x16x180 ČSN 02 2562:

$$p_D = 120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \text{ (pro jedno pero)}$$

$$p_D = 90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \text{ (pro dvě pera)}$$

$$\tau_D = 90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

$$D = 110 \text{ mm, průměr hřídele}$$

Otlačení:

$$p = \frac{M_k \cdot 4}{2 \cdot D \cdot h \cdot (l - b)} = \frac{7\,186\,590 \cdot 4}{2 \cdot 110 \cdot 16 \cdot (180 - 28)} = 53,7 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (27)$$

Střih:

$$\tau = \frac{M_k \cdot 2}{2 \cdot D \cdot b \cdot (l - b)} = \frac{7\,186\,590 \cdot 2}{2 \cdot 110 \cdot 28 \cdot (180 - 28)} = 15,35 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (28)$$

Pero pod 1. kolem vyhovuje.



Výpočet pera 25x14x140 ČSN 02 2562:

$$p_D = 120 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \text{ (pro jedno pero)}$$

$$p_D = 90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \text{ (pro dvě pera)}$$

$$\tau_D = 90 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

D = 90 mm, průměr hřídele

Otlačení:

$$p = \frac{\frac{M_k}{2} \cdot 4}{2 \cdot D \cdot h \cdot (l - b)} = \frac{\frac{7\,186\,590}{2} \cdot 4}{2 \cdot 90 \cdot 14 \cdot (140 - 25)} \quad (29)$$
$$= 49,6 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

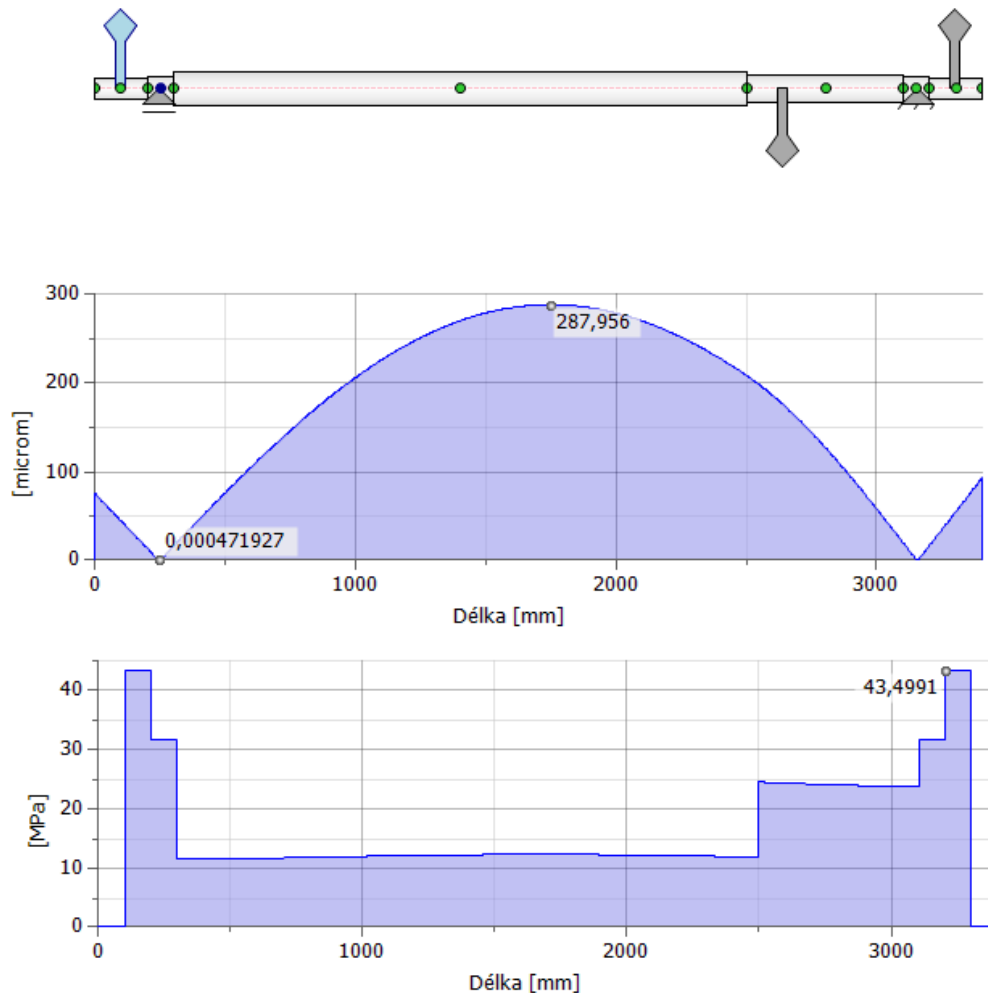
Střih:

$$\tau = \frac{\frac{M_k}{2} \cdot 2}{2 \cdot D \cdot b \cdot (l - b)} = \frac{\frac{7\,186\,590}{2} \cdot 2}{2 \cdot 90 \cdot 25 \cdot (180 - 25)} \quad (30)$$
$$= 13,9 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Pero pod 2. kolem vyhovuje.

### 8.4.1 VÝPOČET HNACÍ HŘÍDELE

Hnací hřídel byla analyzována pomocí programu Autodesk Inventor a byla zatížena kroutícím momentem působícím od motoru.



obr. 40.: Analýza hnací hřídele [Autodesk]

V horní části obrázku je vidět průhyb hřídele, který je 0,287 mm a ve spodní části je vidět redukované napětí hřídele. Maximální redukované napětí na hřídeli je  $43,49 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ .

## 9 ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout plnící stanici kontejnerů pro přepravu nehomogenní sypké hmoty. Součástí práce je návrh plnící stanice v podobě 3-D modelu. Práce je rovněž doplněna o MKP analýzu vybraných dílčích komponent, které byly analyzovány v programu Abaqus. Plnící stanice se dělí na tři komponenty, kde každá z nich má specifickou funkci.

Nejobtustnější z nich je kotvící rám, který tvoří základnu pro otočný rám. Na kotvícím rámu je zároveň usazen elektrický motor, který slouží jako pohon pro otočný rám. Krouťací moment elektromotoru je k otočnému rámu přiveden pomocí dvouřadého válečkového řetězu. Rám je osazen vážícím systémem, který má za úkol hlídat přeplňování kontejneru.

Otočný rám je další část stanice. Otočný rám se otáčí kolem osy těžiště, a to je jeho hlavní předností vůči jiným navrženým plnícím stanicím díky menší energetické náročnosti. Hlavní funkce rámu je přesné usazení kontejneru do předem určeného místa, jeho aretace a otevírání dveří kontejneru. Aretace a otevírání dveří kontejneru je zprostředkováno pomocí hydraulických válců.

Lisovací rám je poslední část plnící stanice, která je osazena násypkou a hydraulickým lisem. Násypka je k rámu připevněna z důvodu usměrnění toku odpadu z dopravníku a je vysouvána pomocí hydraulických válců. Hydraulický lis je nezbytná součást stanice, která složí k upěchování odpadu do kontejneru. Jak již název naznačuje, k vysouvání lisu je využit hydraulický válec.

Hlavní cíl diplomové práce bylo navrhnout plnící stanici kontejnerů, která dokáže otočit kontejner do vertikální polohy, dokáže ho naplnit a otočit zpět do horizontální polohy. Všechny tyto úkoly se podařilo splnit.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.
- [2] Joseph E. Shigley: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0
- [3] BOLEK, A., KOCHMAN, J. a kol. Části strojů. 1. svazek. Vyd. 5. Praha: 1SNTL, 1989.
- [4] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2003, 866 s. ISBN 80-6-86490-74-2.
- [5] KUGL, Otmar a kol. *Projekt-III. ročník*. Praha: ČVUT, 2005, 169 s.
- [6] ENVIS. *Systém sběru komunálního odpadu v Praze* [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: [http://envis.prahamesto.cz/\(cajvuz45j4fmai55ked3pd2d\)/default.aspx?ido=3875&sh=-2055656005](http://envis.prahamesto.cz/(cajvuz45j4fmai55ked3pd2d)/default.aspx?ido=3875&sh=-2055656005)
- [7] TŘÍDĚNÍODPADU.CZ. *Komunální odpad* © 2007 – 2018. [online]. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/komunalni-odpad>
- [8] TRETÍ RUKA.CZ. *Nejvíce podnikového odpadu produkuje stavební firmy a komunálního zas Středočeši* © 2013.[online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/nejvice-podnikoveho-odpadu-produkuj-stavebni-firmy-a-komunalniho-zas-stredoces/>
- [9] PORTÁL ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY. *Souhrnné informace o produkci a nakládání s odpady v hl.m. Praze* [online]. [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: [http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/souhrnne\\_informace/index.xhtml](http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/souhrnne_informace/index.xhtml)

- [10] SPERTUS, Juliette a Benjamin MILLER. Urban Omnibus: Pneumatic Tubes for One New York's Trash. *Urban Omnibus* [online]. 26.08.2015 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://urbanomnibus.net/2015/08/pneumatic-tubes-for-one-new-yorks-trash/>
- [11] GALKA, Max. What does New York do with all its trash? One city's waste – in numbers. *The Guardian* [online]. 27.11.2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/cities/2016/oct/27/new-york-rubbish-all-that-trash-city-waste-in-numbers>
- [12] EPA. *Transfer station*. [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/web/html/transfer.html>
- [13] LEBLANK, Rick. What Is a Waste Transfer Station?. *The balance small bussines: recycling collection* [online]. 31.01.2017 [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <https://www.thebalancesmb.com/what-is-a-waste-transfer-station-2877735>
- [14] MONDAL, Puja. Advantages of Transfer Stations: Solid Waste Management. *Your article library* [online]. [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://www.yourarticlelibrary.com/solid-waste/advantages-of-transfer-stations-solid-waste-management/27408>
- [15] WASTE SOLUTION. *Comparison of WTS Technology*. ©2016. [online]. [cit. 2018-03-09]. Dostupné z: <http://waste-solution.com/comparison-of-wts-technology/>
- [16] STATUTORY VISION. *Why Vowts*. ©2018. [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://www.statvision.com.my/why-vowts/>
- [17] *Vertical Waste Transferring Principle*. ©2018. [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://eurasiaexpress.wordpress.com/waste-transfer-station/vertical-waste-transferring-principle/>
- [18] MATIS. [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.matis.cz/>

- [19] REXROTH. *Industrial hydraulics*. [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/industrial-hydraulics/index>
- [20] SKF. *Výrobky*. [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/product-tables.html>
- [21] MERICI PRISTROJE. ©2013. [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.mericipristroje.cz/>
- [22] E-KONSTRUKTÉR. *Hodnoty mezi pevností, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel. E-konstruktor: Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 30.07.2017 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hodnoty-mez-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [23] SIEMENS. *Motors*. [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.industry.siemens.com/drives/global/en/motor/low-voltage-motor/Pages/Default.aspx>
- [24] Rollven. *Váleček Delta*. [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <https://www.rollven.cz/idlers-for-gravity-and-belt-driven-conveyors/delta-roller>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1.: Odpad [7].....	2
obr. 2.: Vývoj produkce komunálních odpadů [8].....	3
obr. 3.: Vývoj produkce a nakládání s komunálním odpadem v Praze [9] .....	4
obr. 4.: Svoz odpadu v Praze [autor] .....	5
obr. 5.: Svoz odpadu v New Yorku [autor] .....	7
obr. 6.: Porovnání nákladů na dopravu bez přepravní stanice a s přepravní stanicí [autor] .....	9
obr. 7.: Horizontální stanice [autor].....	11
obr. 8.: Vertikální stanice [autor] .....	12
obr. 9.: Schéma návrhu plnicí stanice [autor] .....	15
obr. 10.: Návrh prostorového uspořádání verze 1 [autor] .....	16
obr. 11.: Návrh prostorového uspořádání verze 2 [autor] .....	17
obr. 12.: Pohled na plnicí stanici [autor] .....	18
obr. 13.: Pohled na lisovací rám [autor] .....	19
obr. 14.: Pohled na rám [autor] .....	20
obr. 15.: Pohled na násypku [autor].....	21
obr. 16.: Hydraulický píst posuvu násypky [autor] .....	22
obr. 17.: Lisovací zařízení [autor] .....	23
obr. 18.: Hydraulický píst lisu [autor].....	24
obr. 19.: Šrouby dorazu [autor].....	25
obr. 20.: Pohled na otáčecí rám [autor] .....	26
obr. 21.: Kruhový rám [autor].....	27
obr. 22.: Pohled na kontejnerový prostor [autor].....	28
obr. 23.: Pohled na aretaci kontejneru [autor].....	29
obr. 24.: Hydraulický píst aretace [autor] .....	30
obr. 25.: Pohled na koncepční návrh otevírání dveří [autor] .....	31
obr. 26.: Pohled na kotvící rám [autor].....	32
obr. 27.: Pohled na rám [autor].....	33
obr. 28.: Síly působící na rám [autor].....	34
obr. 29.: Vyhodnocení analýzy rámu [Abaqus] .....	35
obr. 30.: Vážící čep [21].....	37
obr. 31.: Uložení vážícího čepu [autor] .....	38
obr. 32.: Vyhodnocení analýzy držáku [Abaqus] .....	39
obr. 33.: Pohled na vahadlový systém [autor].....	40
obr. 34.: Působení sil na vahadla [autor] .....	41
obr. 35.: Vyhodnocení analýzy vahadla [Abaqus] .....	43
obr. 36.: Zatížení hřídele [autor] .....	44
obr. 37.: Pohled na pohon [autor] .....	46
obr. 38.: Schéma odporů [autor].....	47
obr. 39.: Pohled na umístění per [autor] .....	51
obr. 40.: Analýza hnací hřídele [Autodesk] .....	53

## SEZNAM TABULEK

tab. 1.: Porovnání plnicích stanic.....	14
tab. 2.: Výhody a nevýhody prostorových koncepcí .....	17
tab. 3.: Dovolené napětí .....	44
tab. 4.: Parametry ložiska SYJ 80 TF .....	45
tab. 5.: Parametry motoru .....	46



# SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLU

symbol	jednotka	význam
$m_k$	kg	Hmotnost kontejneru
$l$	mm	Délka výsuvu pístu
$d$	mm	Jednotka průměru
$D$	mm	Jednotka průměru
$F_1$	N	Lisovací síla
$\tau$	$\text{Nmm}^{-2}$	Smykové napětí
$S$	$\text{mm}^2$	Plocha
$d_1$	mm	Průměr hřídele
$F_2$	N	Síla od rámu s kontejnerem
$m_o$	kg	Hmotnost otočného rámu
$g$	$\text{m.s}^{-2}$	Tíhové zrychlení
$F_3$	N	Reakce
$F_c$	N	Celková reakce
$\alpha_{1,2,3,4}$	°	Úhel mezi silami
$\sigma$	$\text{Nmm}^{-2}$	Napětí
$F_{n,y1,y2}$	N	Síla
$a$	mm	Vzdálenost
$A$	N	Reakce v ložisku
$B$	N	Reakce v ložisku
$M_o$	Nm	Ohybový moment
$W_o$	$\text{mm}^3$	Průřezový model v ohybu
$\sigma_d$	$\text{Nmm}^{-2}$	Dovolené napětí
$F_{ek}$	N	Ekvivalentní dynamické zatížení ložisek
$C$	kN	Dynamická únosnost ložiska
$C_o$	kN	Statická únosnost ložiska
$i_1$	-	Převodový poměr
$n$	$\text{min}^{-1}$	Otáčky ložisek
$n_o$	$\text{min}^{-1}$	Otáčky otočného rámu
$D_o$	mm	Průměr otočného rámu

$d_o$	Mm	Průměr bubnu
$L_h$	h	Životnost ložiska
$F_{ek}$	N	Ekvivalentní dynamické zatížení ložisek
$M_k$	Nm	Kroutící moment
$P$	kW	Výkon
$F_v$	N	Síla při vychýlení těžiště
$F_r$	N	Síla
$M_l$	Nm	Třecí moment ložisek
$M_{rr}$	Nm	Třecí moment rotační
$M_{seal}$	Nm	Třecí moment v těsnění
$M_{drag}$	Nm	Třecí moment v chvění
$\nu$	$\text{mm}^2\text{s}^{-1}$	viskozita
$d_m$	mm	Střední průměr ložiska
$F_r$	N	Síla působící na ložisko
$K_{rs}$	-	Koeficient mazání
$K_z$	-	Koeficient pro kuličkové ložisko
$R_1$	-	Konstanta
$S_1$	-	Konstanta
$G_{rr}$	-	Proměnná
$\Phi_{ish}$	-	Teplotní faktor
$\Phi_{rs}$	-	Kinematické doplnění
$\mu_{ehl}$	-	Kluzný koeficient tření v plném filmu
$\mu_{bl}$	-	Konstanta
$\beta$	-	Exponent
$K_{s1}$	-	Konstanta
$\mu_{sl}$	-	Kluzný koeficient tření
$\Phi_{Bl}$	-	Součinitel kluzného tření
$K_{s2}$	-	Konstanta
$M_c$	Nm	Celkový moment
$p$	$\text{Nmm}^{-2}$	Kontaktní tlak
$P_d$	$\text{Nmm}^{-2}$	Dovolený tlak
$h$	mm	Výška pera



l	mm	Délka pera
b	mm	Šířka pera